

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT  
日 本 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JCS03 U.S. PTO  
09/428837



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年 6月17日

願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第171128号

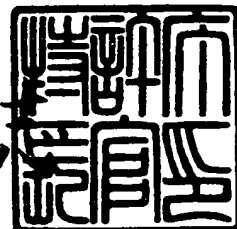
願 人  
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

1999年 8月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

山 佐 建 彦



【書類名】 特許願

【整理番号】 R3249

【提出日】 平成11年 6月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 塩野 照弘

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 松▲崎▼ 圭一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 細美 哲雄

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095555

【弁理士】

【氏名又は名称】 池内 寛幸

【電話番号】 06-6361-9334

【選任した代理人】

【識別番号】 100076576

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 公博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012162

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003743

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の波長の光及び前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第 1 の波長の光に対して実質上 2 次の回折光を出射し、前記第 2 の波長の光に対して実質上 1 次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上  $2\lambda_1 / (n-1)$  から  $\lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $\lambda_1 / n$  から  $\lambda_2 / 2n$  の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $\lambda_1$  から  $\lambda_2 / 2$  の範囲内にある請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 3】 回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズである請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 4】 回折光学素子が、光源からの出射光を実質上平行にするコリメータレンズである請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 5】 回折光学素子が、フォーカス／トラック誤差信号検出素子である請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 6】 回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 1.0\lambda_1$  の関係を満たす請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 7】 回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 2.2\lambda_1$  の関係を満たす請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 8】 第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に、光源からの出射光の光軸が斜めに入射する光学面を有する屈折光学手段が設けられており、前記出射光の波長変動に伴う回折光学素子からの回折光の回折角の変化と、前記屈折光学手段からの屈折光の屈折角の変化とが、互いに相殺する方向に生じる請求項 1 に記載

の光学ヘッド。

【請求項 9】 回折光学素子が、均一周期のグレーティングである請求項 8 に記載の光学ヘッド。

【請求項 10】 回折光学素子が、開口数 0.39 以下の収束光光路又は発散光光路中に配置されており、前記回折光学素子の周期が均一である請求項 8 に記載の光学ヘッド。

【請求項 11】 屈折光学手段が、3つの光学面を有するプリズムであり、前記3つの光学面のうち、情報記録媒体側の面を第1面、光源側の面を第2面、それ以外の面を第3面としたとき、光源からの出射光が、前記第2面を透過し、前記第1面、前記第3面の順に反射して、前記第1面を透過する構成であって、前記光源からの出射光が前記第2面に入射する最も高い位置よりも対物レンズの下部が低くなる請求項 8 に記載の光学ヘッド。

【請求項 12】 プリズムの硝材のアッベ数が 64 以上である請求項 11 に記載の光学ヘッド。

【請求項 13】 光源が 2 波長の光を出射する SHG 光源である請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 14】 第 1 及び第 2 の波長の光がジグザグ状に伝搬する透明基板を備え、回折光学素子が前記透明基板上に配置された請求項 1 に記載の光学ヘッド。

【請求項 15】 第 1 の波長の光及び前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、前記色収差補正素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記段差が、実質上  $2\lambda_1 / (n - 1)$  から  $\lambda_2 / (n - 1)$  の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 16】 第 1 の波長  $\lambda_1$  が、 $0.35 \mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たすか、もしくは、第 2 の波長  $\lambda_2$  が、 $0.76 \mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.88 \mu\text{m}$

mの関係を満たす請求項 1 又は 1 5 に記載の光学ヘッド。

【請求項 1 7】 第 1 の波長の光、前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光、及び前記第 1 の波長の略 1. 5 倍の波長を有する第 3 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第 1、第 2 及び第 3 の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第 1 の波長の光に対して実質上 4 次の回折光を出射し、前記第 2 の波長の光に対して実質上 2 次の回折光を出射し、前記第 3 の波長の光に対して実質上 3 次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 1 8】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、第 3 の波長  $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上  $4\lambda_1 / (n - 1)$  と  $2\lambda_2 / (n - 1)$  と  $3\lambda_3 / (n - 1)$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $2\lambda_1 / n$  と  $\lambda_2 / n$  と  $3\lambda_3 / 2n$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $2\lambda_1$  と  $\lambda_2$  と  $3\lambda_3 / 2$  のうちの最小値と最大値の範囲内にある請求項 1 7 に記載の光学ヘッド。

【請求項 1 9】 回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 2.2\lambda_1$  の関係を満たす請求項 1 7 に記載の光学ヘッド。

【請求項 2 0】 第 1 の波長の光、前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光、及び前記第 1 の波長の略 1. 5 倍の波長を有する第 3 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第 1、第 2 及び第 3 の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、第 3 の波長  $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記段差が、 $4\lambda_1 / (n - 1)$  と  $2\lambda_2 / (n - 1)$  と  $3\lambda_3 / (n - 1)$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2 1】 第 1 の波長  $\lambda_1$  が、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$  の関

係を満たすか、もしくは、第 2 の波長  $\lambda_2$  が、 $0.76 \mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.88 \mu\text{m}$  の関係を満たすか、もしくは、第 3 の波長  $\lambda_3$  が、 $0.57 \mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.68 \mu\text{m}$  の関係を満たす請求項 1 7 又は 2 0 に記載の光学ヘッド。

【請求項 2 2】 第 1 の波長の光及び前記第 1 の波長の略 1.5 倍の波長を有する第 2 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第 1 の波長の光に対して実質上 3 次の回折光を出射し、前記第 2 の波長の光に対して実質上 2 次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2 3】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1 / (n-1)$  から  $2\lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1 / 2n$  から  $\lambda_2 / n$  の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1 / 2$  から  $\lambda_2$  の範囲内にある請求項 2 2 に記載の光学ヘッド。

【請求項 2 4】 回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 1.6\lambda_1$  の関係を満たす請求項 2 2 に記載の光学ヘッド。

【請求項 2 5】 第 1 の波長の光、及び前記第 1 の波長の略 1.5 倍の波長を有する第 2 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、前記色収差補正素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記段差が、実質上  $3\lambda_1 / (n-1)$  から  $2\lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2 6】 第 1 の波長  $\lambda_1$  が、 $0.35 \mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たすか、もしくは、第 2 の波長  $\lambda_2$  が、 $0.57 \mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68 \mu\text{m}$  の関係を満たす請求項 2 2 又は 2 5 に記載の光学ヘッド。

【請求項 2 7】 第 1 の波長  $\lambda_1$  が、実質上  $0.35 \mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である請求項 1、1 7 又は 2 2 のいずれかに記載の光学ヘッド。

【請求項 2 8】 第 1 の波長の光、前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光、及び前記第 1 の波長の略 1. 5 倍の波長を有する第 3 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第 1、第 2 及び第 3 の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第 1 の波長の光に対して実質上 6 次の回折光を出射し、前記第 2 の波長の光に対して実質上 3 次の回折光を出射し、前記第 3 の波長の光に対して実質上 4 次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2 9】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、第 3 の波長  $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上  $6\lambda_1 / (n - 1)$  と  $3\lambda_2 / (n - 1)$  と  $4\lambda_3 / (n - 1)$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1 / n$  と  $3\lambda_2 / 2n$  と  $2\lambda_3 / n$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1$  と  $3\lambda_2 / 2$  と  $2\lambda_3$  のうちの最小値と最大値の範囲内にある請求項 2 8 に記載の光学ヘッド。

【請求項 3 0】 第 1 の波長の光、前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光、及び前記第 1 の波長の略 1. 5 倍の波長を有する第 3 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第 1、第 2 及び第 3 の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、第 3 の波長  $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記段差が、実質上  $6\lambda_1 / (n - 1)$  と  $3\lambda_2 / (n - 1)$  と  $4\lambda_3 / (n - 1)$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。



【請求項 3 1】 色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている請求項 1 5、2 0、2 5 又は 3 0 のいずれかに記載の光学ヘッド。

【請求項 3 2】 色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される請求項 1 5、2 0、2 5 又は 3 0 のいずれかに記載の光学ヘッド。

【請求項 3 3】 色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する請求項 1 5、2 0、2 5 又は 3 0 のいずれかに記載の光学ヘッド。

【請求項 3 4】 実質上  $0.35 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たす波長  $\lambda$  の光を出射する光源と、光検出器と、前記光源から出射される光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子であることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 3 5】 色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている請求項 3 4 に記載の光学ヘッド。

【請求項 3 6】 色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される請求項 3 4 に記載の光学ヘッド。

【請求項 3 7】 色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する請求項 3 4 に記載の光学ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学的記録再生装置の光学ヘッドに関し、特に、複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備えた光利用効率の高い光学ヘッドに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

コンパクトディスク (CD)、DVD 等の光ディスクや光カードメモリ等の光学的記録媒体の信号を読み出すための重要な構成部品として光学ヘッドがある。

光学ヘッドは、光学的記録媒体から信号を取り出すために、信号検出機能だけでなくフォーカサーボ、トラッキングサーボ等の制御機構を備える必要がある。

#### 【0003】

光学ヘッドは、通常、光源、光検出器、集光レンズ、フォーカス／トラック誤差信号検出素子、立ち上げミラー、コリメータレンズ等の種々の光学部品によって構成されている。光源から出射されたレーザ光は、対物レンズによって光ディスク上に集光される。光ディスク上に集光されたレーザ光は、反射されて光検出器で検出される。これにより、再生信号が読み出される。また、フォーカス／トラック誤差信号検出素子によってフォーカス／トラックの制御が行われ、安定して信号を読み出すことができるようにされている。

#### 【0004】

光学ヘッドを構成する光学素子として、現在用いられている通常のレンズやプリズム等の屈折光学素子の代わりに回折光学素子を用いれば、光学ヘッドの小型・薄型・軽量化を図ることができる。

#### 【0005】

回折光学素子とは、光の回折現象を効果的に利用して機能する光学素子のことであり、この回折光学素子は、波長オーダーの深さの凹凸又は屈折率分布や振幅分布が周期的あるいは準周期的に表面に形成されているという特徴を有している。回折光学素子の周期が波長に比べて十分大きい場合には、断面を鋸歯形状化することにより、回折効率をほぼ100%まで高くできることが知られている。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、周期が波長に比べて十分大きい場合、回折光学素子の回折効率が100%となるのは、設計波長に対してのみである。図14に、設計波長を1として規格化した規格化波長と回折光学素子の1次回折効率との関係を示す。図14から分かるように、波長が設計値から外れるにしたがって回折効率は徐々に低下する。従って、複数の種類の光ディスクに対応した複数波長の光源を搭載した光学ヘッドに回折光学素子を用いる場合、光利用効率を高くするためには、波長ごとに最適に設計して、その波長の光路にのみ配置する必要があった。

## 【0007】

本発明は、従来技術における前記課題を解決するためになされたものであり、複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備え、光利用効率の高い光学ヘッドを提供することを目的とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため、第1の本発明（請求項1に記載の発明に対応）は、第1の波長の光及び前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッドである。

## 【0009】

これにより、例えば、2波長の光の光路上に回折光学素子を配置しても、どちらの波長に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

## 【0010】

また、第2の本発明（請求項2に記載の発明に対応）は、回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $2\lambda_1 / (n-1)$ から $\lambda_2 / (n-1)$ の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $\lambda_1 / n$ から $\lambda_2 / 2n$ の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $\lambda_1$ から $\lambda_2 / 2$ の範囲内にある上記第1の本発明に記載の光学ヘッドである。

## 【0011】

これにより、例えば、第1の波長の光と第2の波長の光に対して、回折光学素子の回折効率を最も高くすることができる。

## 【0012】

また、第3の本発明（請求項3に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、情

報記録媒体に集光する対物レンズである上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【0013】

これにより、例えば、対物レンズの薄型軽量化を図ることができる。

【0014】

また、第 4 の本発明（請求項 4 に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、光源からの出射光を実質上平行にするコリメータレンズである上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【0015】

これにより、例えば、コリメータレンズの薄型軽量化を図ることができる。

【0016】

また、第 5 の本発明（請求項 5 に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、フォーカス／トラック誤差信号検出素子である上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【0017】

これにより、例えば、フォーカス／トラック誤差信号検出素子の薄型軽量化を図ることができる。

【0018】

また、第 6 の本発明（請求項 6 に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 1.0 \lambda_1$  の関係を満たす上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【0019】

これにより、例えば、第 1 の波長の光に対して 80% 以上の高い回折効率を有する回折光学素子を実現することができる。

【0020】

また、第 7 の本発明（請求項 7 に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 2.2 \lambda_1$  の関係を満たす上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【0021】

これにより、例えば、第 1 の波長の光に対して 90% 以上のさらに高い回折効

率を有する回折光学素子を実現することができる。

【 0 0 2 2 】

また、第 8 の本発明（請求項 8 に記載の発明に対応）は、第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に、光源からの出射光の光軸が斜めに入射する光学面を有する屈折光学手段が設けられており、前記出射光の波長変動に伴う回折光学素子からの回折光の回折角の変化と、前記屈折光学手段からの屈折光の屈折角の変化とが、互いに相殺する方向に生じる上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【 0 0 2 3 】

これにより、例えば、薄型の光学ヘッドを実現することができ、しかも光源からの出射光として半導体レーザ光を用いた場合に、高周波モジュールや自励発振による数 nm 程度の波長帯域の広がりや環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化しても、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。

【 0 0 2 4 】

また、第 9 の本発明（請求項 9 に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、均一周期のグレーティングである上記第 8 の本発明の光学ヘッドである。

【 0 0 2 5 】

これにより、例えば、回折光学素子の位置合わせや製造が容易となる。

【 0 0 2 6 】

また、第 1 0 の本発明（請求項 1 0 に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、開口数 0. 3 9 以下の収束光光路又は発散光光路中に配置されており、前記回折光学素子の周期が均一である上記第 8 の本発明の光学ヘッドである。

【 0 0 2 7 】

これにより、例えば、回折光学素子の位置合わせや製造が容易となる。

【 0 0 2 8 】

また、第 1 1 の本発明（請求項 1 1 に記載の発明に対応）は、屈折光学手段が、3 つの光学面を有するプリズムであり、前記 3 つの光学面のうち、情報記録媒体側の面を第 1 面、光源側の面を第 2 面、それ以外の面を第 3 面としたとき、光源からの出射光が、前記第 2 面を透過し、前記第 1 面、前記第 3 面の順に反射して、前記第 1 面を透過する構成であって、前記光源からの出射光が前記第 2 面に

入射する最も高い位置よりも対物レンズの下部が低くなる上記第 8 の本発明の光学ヘッドである。

【0029】

これにより、例えば、光学ヘッドの薄型化を図ることができる。

【0030】

また、第 12 の本発明（請求項 12 に記載の発明に対応）は、プリズムの硝材のアッベ数が 64 以上である上記第 11 の本発明の光学ヘッドである。

【0031】

これにより、例えば、回折光学素子の周期が大きくなるために、製造が容易で高い回折効率が得られ、幅広い波長領域で波長変動の影響を相殺することができる、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。

【0032】

また、第 13 の本発明（請求項 13 に記載の発明に対応）は、光源が 2 波長の光を出射する SHG 光源である上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【0033】

これにより、例えば、第 1 の波長の光及び第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光を出射する光源を得ることができる。

【0034】

また、第 14 の本発明（請求項 14 に記載の発明に対応）は、第 1 及び第 2 の波長の光がジグザグ状に伝搬する透明基板を備え、回折光学素子が前記透明基板上に配置された上記第 1 の本発明の光学ヘッドである。

【0035】

これにより、例えば、薄型で構造が安定な光学ヘッドを実現することができる。

【0036】

また、第 15 の本発明（請求項 15 に記載の発明に対応）は、第 1 の波長の光及び前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素

子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、前記色収差補正素子の材料の屈折率 $n$ に対して、前記段差が、実質上 $2\lambda_1 / (n-1)$ から $\lambda_2 / (n-1)$ の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

【0037】

これにより、例えば、第1の波長の光と第2の波長の光に対して良好な光利用効率を有する色収差補正素子が得られる。

【0038】

また、第16の本発明（請求項16に記載の発明に対応）は、第1の波長 $\lambda_1$ が、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 $\lambda_2$ が、 $0.76\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu\text{m}$ の関係を満たす上記第1又は第15の本発明の光学ヘッドである。

【0039】

これにより、例えば、集光スポットを小さく絞ることができ、例えば10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができるか、もしくはCD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0040】

また、第17の本発明（請求項17に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、前記第3の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッドである。

【0041】

これにより、例えば、同じ光路に回折光学素子を配置しても、3つの波長のうち、第1と第2の波長に対しては特に高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

【 0 0 4 2 】

また、第 1 8 の本発明（請求項 1 8 に記載の発明に対応）は、回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、第 3 の波長  $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上  $4\lambda_1 / (n-1)$  と  $2\lambda_2 / (n-1)$  と  $3\lambda_3 / (n-1)$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $2\lambda_1 / n$  と  $\lambda_2 / n$  と  $3\lambda_3 / 2n$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $2\lambda_1$  と  $\lambda_2$  と  $3\lambda_3 / 2$  のうちの最小値と最大値の範囲内にある上記第 1 7 の本発明に記載の光学ヘッドである。

【 0 0 4 3 】

これにより、例えば、第 1 ～第 3 の波長の光のうち第 1 及び第 2 の波長の光に対して、特に、最も回折効率の高い回折光学素子を得ることができる。

【 0 0 4 4 】

また、第 1 9 の本発明（請求項 1 9 に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 2\lambda_1$  の関係を満たす上記第 1 7 の本発明の光学ヘッドである。

【 0 0 4 5 】

これにより、例えば、第 1 の波長の光に対して、例えば、80%以上の高い回折効率を有する回折光学素子を実現することができる。

【 0 0 4 6 】

また、第 2 0 の本発明（請求項 2 0 に記載の発明に対応）は、第 1 の波長の光、前記第 1 の波長の略 2 倍の波長を有する第 2 の波長の光、及び前記第 1 の波長の略 1.5 倍の波長を有する第 3 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第 1、第 2 及び第 3 の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、第 3 の波長  $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記段差が、 $4\lambda_1$



$\angle (n-1)$  と  $2\lambda_2$   $\angle (n-1)$  と  $3\lambda_3$   $\angle (n-1)$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

【0047】

これにより、例えば、第1～第3の波長の光のうち第1及び第2の波長の光に対して特に光利用効率の良好な色収差補正素子を得ることができる。

【0048】

また、第21の本発明（請求項21に記載の発明に対応）は、第1の波長 $\lambda_1$ が、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 $\lambda_2$ が、 $0.76\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu\text{m}$ の関係を満たすか、もしくは、第3の波長 $\lambda_3$ が、 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たす上記第17又は上記第20の本発明の光学ヘッドである。

【0049】

これにより、例えば、集光スポットを小さく絞ることができるので、例えば、10Gバイト以上の高密度光ディスクを読み出すことができるか、もしくは、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができるか、もしくは、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0050】

また、第22の本発明（請求項22に記載の発明に対応）は、第1の波長の光及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッドである。

【0051】

これにより、例えば、同じ光路に回折光学素子を配置しても、どちらの波長の光に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

【0052】

また、第23の本発明（請求項23に記載の発明に対応）は、回折光学素子の

断面形状が実質上鋸歯形状であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1 / (n-1)$  から  $2\lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1 / 2n$  から  $\lambda_2 / n$  の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上  $3\lambda_1 / 2$  から  $\lambda_2$  の範囲内にある上記第 2 2 の本発明の光学ヘッドである。

## 【0053】

これにより、例えば、第 1 及び第 2 の波長の光に対して、最も回折効率の高い回折光学素子を得ることができる。

## 【0054】

また、第 2 4 の本発明（請求項 2 4 に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が、第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 1.6\lambda_1$  の関係を満たす上記第 2 2 の本発明の光学ヘッドである。

## 【0055】

これにより、例えば、第 1 の波長に対して、例えば、80%以上の高い回折効率を有する回折光学素子を実現することができる。

## 【0056】

また、第 2 5 の本発明（請求項 2 5 に記載の発明に対応）は、第 1 の波長の光、及び前記第 1 の波長の略 1.5 倍の波長を有する第 2 の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第 1 及び第 2 の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、前記色収差補正素子の材料の屈折率  $n$  に対して、前記段差が、実質上  $3\lambda_1 / (n-1)$  から  $2\lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

## 【0057】

これにより、例えば、第 1 及び第 2 の波長の光に対して光利用効率の良好な色収差補正素子を得ることができる。

## 【0058】

また、第26の本発明（請求項26に記載の発明に対応）は、第1の波長 $\lambda_1$ が、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 $\lambda_2$ が、 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たす上記第22又は上記第25の本発明の光学ヘッドである。

## 【0059】

これにより、例えば、集光スポットを小さく絞ることができ、例えば10Gバイト以上の高密度光ディスクを読み出すことができるか、もしくは、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

## 【0060】

また、第27の本発明（請求項27に記載の発明に対応）は、第1の波長 $\lambda_1$ が、実質上 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である上記第1、上記第17又は上記第22の本発明の光学ヘッドである。

## 【0061】

これにより、例えば、光源からの出射光として、レンズの硝材の色分散の大きい $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の範囲の半導体レーザ光を用いた場合、高周波モジュールや自励発振による数nm程度の波長帯域の広がりや環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化しても、対物レンズによる大きな色収差を補正して、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。

## 【0062】

また、第28の本発明（請求項28に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上6次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、前記第3の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッドである。

## 【 0 0 6 3 】

これにより、例えば、同じ光路に回折光学素子を配置しても、3つの波長に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

## 【 0 0 6 4 】

また、第29の本発明（請求項29に記載の発明に対応）は、回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、第3の波長 $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $6\lambda_1 / (n-1)$ と $3\lambda_2 / (n-1)$ と $4\lambda_3 / (n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1 / n$ と $3\lambda_2 / 2n$ と $2\lambda_3 / n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1$ と $3\lambda_2 / 2$ と $2\lambda_3$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある上記第28に記載の光学ヘッドである。

## 【 0 0 6 5 】

これにより、例えば、第1～第3の波長の光に対して、最も回折効率の高い回折光学素子を得ることができる。

## 【 0 0 6 6 】

また、第30の本発明（請求項30に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、第3の波長 $\lambda_3$ 、前記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、前記段差が、実質上 $6\lambda_1 / (n-1)$ と $3\lambda_2 / (n-1)$ と $4\lambda_3 / (n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

## 【 0 0 6 7 】

これにより、例えば、第 1 ～第 3 の波長の光に対して良好な光学特性を有する色収差補正素子を得ることができる。

【 0 0 6 8 】

また、第 3 1 の本発明（請求項 3 1 に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている上記第 1 5、上記第 2 0、上記第 2 5 又は上記第 3 0 の本発明の光学ヘッドである。

【 0 0 6 9 】

これにより、例えば、色収差補正素子と対物レンズを 1 つの部品として取り扱うことができ、小型化・低コスト化が可能となる。

【 0 0 7 0 】

また、第 3 2 の本発明（請求項 3 2 に記載の発明に対応）は、色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される上記第 1 5、上記第 2 0、上記第 2 5 又は上記第 3 0 の本発明の光学ヘッドである。

【 0 0 7 1 】

これにより、例えば、色収差補正素子と対物レンズの光軸がずれることがないので、良好な光学特性が得られる。

【 0 0 7 2 】

また、第 3 3 の本発明（請求項 3 3 に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する上記第 1 5、第 2 0、第 2 5 又は第 3 0 の本発明の光学ヘッドである。

【 0 0 7 3 】

これにより、例えば、対物レンズ自体の開口数が低減されるので、製造が容易となる。

【 0 0 7 4 】

また、第 3 4 の本発明（請求項 3 4 に記載の発明に対応）は、実質上  $0.35 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たす波長  $\lambda$  の光を出射する光源と、光検出器と、前記光源から出射される光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子であることを特徴とする光学ヘッドである。

【0075】

また、第35の本発明（請求項35に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている上記第34の本発明の光学ヘッドである。

【0076】

また、第36の本発明（請求項36に記載の発明に対応）は、色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される上記第34の本発明の光学ヘッドである。

【0077】

また、第37の本発明（請求項37に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する上記第34の本発明の光学ヘッドである。

【0078】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

【0079】

＜第1の実施の形態＞

まず、本発明の第1の実施の形態の光学ヘッドについて、図1から図3までを用い、座標軸を図のようにとって詳細に説明する。

【0080】

図1は本発明の第1の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図2は同実施の形態の光学ヘッドにおける、周期が波長に比べて十分大きいときの回折光学素子の規格化波長と回折効率との関係を示すグラフ、図3は同実施の形態の光学ヘッドにおける回折光学素子の規格化グレーティング周期と1次回折効率及び2次回折効率との関係を示すグラフである。

【0081】

図1に示すように、本実施の形態の光学ヘッドにおいては、光源1から記録媒体であるDVDやCD等の光ディスク11までの光路中に、回折光学素子としての、回折形コリメータレンズ3と、回折形対物レンズ4と、回折形フォーカス／トラック誤差信号検出素子8とが配置されている。このように回折光学素子を用

いることにより、光学ヘッドの薄型化、軽量化、低価格化を図ることができる。

【0082】

光源1は、第1の波長のレーザ光と、その波長に対して略2倍の波長を有する第2の波長のレーザ光とを選択的に出射することができる光源であり、光検出器（図示せず）とともに光源・光検出器ユニット17内に集積化されている。本実施の形態においては、光源1として、上記2波長が得られるようにSHG光源が用いられている。但し、それぞれの波長の半導体レーザを2つ並べたものを用いてもよい。

【0083】

光源1である半導体レーザからy軸方向に出射されたレーザ光2は、回折形フォーカス／トラック誤差信号検出素子8を透過（0次回折光利用）して、それに一体化された回折形コリメータレンズ3により、例えば、ビーム径3.25mmの略平行光6となり、立ち上げミラー15によって光路をz軸方向に折り曲げられる。そして、z軸方向に折り曲げられたレーザ光6は、回折形対物レンズ4によって光ディスク11上に集光（収束光7）される。

【0084】

光ディスク11によって反射されたレーザ光7は、逆方向に折り返し、回折形対物レンズ4、立ち上げミラー15、回折形コリメータレンズ3を順に通過して、-y軸方向に光路を向け、回折形フォーカス／トラック誤差信号検出素子8によって分割されて（1次あるいは2次回折光利用）、光検出器で検出される。

【0085】

本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源1が出射する第1の波長のレーザ光2の波長 $\lambda_1$ は、例えば、 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第1の波長の光源1を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができる。また、光源1が出射する第2の波長のレーザ光2の波長 $\lambda_2$ は、例えば、 $0.76\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第2の波長の光源1を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。このように、本実施の形態においては、読み出す光ディスクの種類に

よって出射する光の波長を決め、選択的にその波長のレーザ光 2 を出射させている。

【 0 0 8 6 】

回折光学素子は、一般に、設計波長に対しては高い回折効率を示すが、それから外れるにしたがって回折効率が徐々に低下してしまう。従って、設計波長の光とそれ以外の波長の光のどちらも通過する光路に回折光学素子を配置すると、どちらかの波長に対して回折効率が低下してしまう。

【 0 0 8 7 】

しかし、回折光学素子の周期が波長に比べて十分大きい場合には、図 2 に示すように、設計波長（規格化波長 = 1）の半分の波長になると、1 次回折効率はほとんど 0 になるが、2 次回折効率はほぼ 1 0 0 % と非常に高くなるということが分かった。本発明者らは、高密度光ディスクと CD、CD-R の光ディスクの両方に対応できる 2 波長の光学ヘッドにおいて、その 2 波長間の波長の大きさの関係を略 2 倍（実際の場合は 1. 8 倍程度から 2. 1 倍程度）に設定し、高密度光ディスクに対応するとき（第 1 の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上 2 次回折光を用い、CD、CD-R の光ディスクに対応するとき（第 2 の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上 1 次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配置しても、どちらの波長に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができることを見い出した。

【 0 0 8 8 】

通常、回折光学素子における回折角は、波長と周期と回折次数によって決められるが、本発明者らは、第 1 の波長で実質上 2 次回折光を用い、略 2 倍の波長の第 2 の波長で実質上 1 次回折光を用いるようにすることにより、波長が異なっても、回折角を等しくすることができるということを見い出した。これをレンズに当てはめて述べると、本実施の形態の場合の、回折形対物レンズ 4 と回折形コリメータレンズ 3 の焦点距離を、それぞれ第 1、第 2 の波長でほとんど同じにすることができる。従って、光源 1 からコリメータレンズ 3 までの距離を、波長によらずほぼ一定にすることができ、また、対物レンズ 4 の焦点距離も同じように一



定にすることができる。さらに、回折角が等しいために、フォーカス／トラック誤差信号検出素子 8 から光検出器まで光を分割する光路も全く同じになるので、光検出器を両波長に対して共通化することができる。

## 【0089】

本実施の形態の回折形コリメータレンズ 3、回折形対物レンズ 4 のような、高い回折効率が得られ、実質上、単一の回折次数しか用いられない回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、上記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、上記鋸歯形状の深さ  $L$  が、回折形コリメータレンズ 3、回折形対物レンズ 4 のような透過型素子の場合、実質上  $L_1 = 2\lambda_1 / (n-1)$  から  $L_2 = \lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあり、また、本実施の形態では示していないが、他の実施の形態で説明するような基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = \lambda_1 / n$  から  $L_2 = \lambda_2 / 2n$  の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = \lambda_1$  から  $L_2 = \lambda_2 / 2$  の範囲内にあるようにして、どちらの波長に対しても回折効率が大きくなるようにした。

## 【0090】

例えば、 $\lambda_1 = 0.40 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.80 \mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$  の場合には、 $L_1 = L_2$  であるから、透過型素子では  $L = 1.6 \mu\text{m}$ 、反射型素子では  $L = 0.27 \mu\text{m}$ （基板側から入射）、 $0.4 \mu\text{m}$ （空気側から入射）である。また、 $\lambda_1 = 0.425 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.80 \mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$  の場合には、透過型素子では  $L = 1.6 \mu\text{m} \sim 1.7 \mu\text{m}$ 、反射型素子では  $L = 0.27 \mu\text{m} \sim 0.28 \mu\text{m}$ （基板側から入射）、 $L = 0.4 \mu\text{m} \sim 0.425 \mu\text{m}$ （空気側から入射）である。後者のように完全には  $2\lambda_1 = \lambda_2$  とならない場合には、 $L_1 \neq L_2$  であり、好ましい溝深さは、 $L_1$  から  $L_2$  の範囲内にあるが、溝深さを  $L_1$  としたときは第 1 の波長  $\lambda_1$  に対する効率重視となり、溝深さを  $L_2$  としたときには第 2 の波長  $\lambda_2$  に対する効率重視となり、ちょうどその平均の大きさ（ $0.5(L_1 + L_2)$ ）のときに、両波長に対してバランスがとれた状態となる。波長が短いほど光利用効率が重要視されるので、回折光学素子の溝の深さは  $L_1$  に設定されるのがより望ましいと言える。

## 【0091】

図2に示すように、例えば、回折効率が80%以上となる波長領域は、 $0.36\mu\text{m} \sim 0.47\mu\text{m}$ 、 $0.65\mu\text{m} \sim 1.1\mu\text{m}$ である（本実施の形態において、規格化波長1.0は第2の波長 $\lambda_2$ に対応する）。従って、本実施の形態の回折光学素子は、どちらの波長においても、波長 $\lambda$ に比べて周期 $\Lambda$ が十分大きい場合に、80%以上の回折効率を確保することができる。また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数を $p$ としたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 2(p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / [p(n-1)]$ の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p-1)\lambda_1 / pn$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / 2pn$ の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p-1)\lambda_1 / p$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / 2p$ の範囲内にいることが望ましい。

## 【0092】

また、本実施の形態のフォーカス／トラック誤差信号検出素子8のような、往路に0次回折光、復路に1次又は2次回折光を用いる透過型回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、上記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、上記透過型素子の鋸歯形状の深さ $L$ が、実質上 $L_1 = \lambda_1 / (n-1)$ から $L_2 = \lambda_2 / [2(n-1)]$ の範囲内にあるようにし、また、他の実施の形態で説明するような基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = \lambda_1 / 2n$ から $L_2 = \lambda_2 / 4n$ の範囲内にあり、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = \lambda_1 / 2$ から $L_2 = \lambda_2 / 4$ の範囲内にあるようにして、往復の光利用効率が大きくなるようにした。また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数を $p$ としたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / [2p(n-1)]$ の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p-1)\lambda_1 / 2$

$p n$  から  $L_2 = (p - 1) \lambda_2 / 4 p n$  の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = (p - 1) \lambda_1 / 2 p$  から  $L_2 = (p - 1) \lambda_2 / 4 p$  の範囲内にいることが望ましい。

【 0 0 9 3 】

図 2 においては、回折光学素子の周期が波長に比べて十分大きいとし、回折光学素子の表面の反射ロスを無視して考えた。次に、回折光学素子の波長  $\lambda$  で規格化した規格化グレーティング周期  $\Lambda / \lambda$  と回折効率との関係について、表面の反射ロスを含めて詳細に検討をした。その結果を図 3 に示す。図 3 において、実線は 1 次回折効率を示し、破線は 2 次回折効率を示している。尚、回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状であり、溝深さは上述したように最適値となるようにした。この場合、回折光学素子の表面に無反射コーティングを施すことにより、回折効率は反射ロスの分だけ向上する。

【 0 0 9 4 】

図 3 から分かるように、1 次回折効率の方が概ね良好であるが、どちらの回折効率も  $\Lambda / \lambda$  が小さくなると減少する傾向にある。どちらの回折効率も 80 % 以上になる  $\Lambda / \lambda$  は 10 以上であるので、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 10 \lambda_1$  の関係を満たすようにすることにより、両波長に対して回折効率を 80 % 以上とすることができる。さらに、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が第 1 の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 22 \lambda_1$  の関係を満たすようにすることにより、両波長に対して回折効率を 90 % 以上とすることもできる。

【 0 0 9 5 】

回折形レンズ 3、4 は、例えば、同心円グレーティングにより構成され、外周部に行くほど周期が徐々に小さくなる構造となっている。本実施の形態において、回折形コリメータレンズ 3 の開口数  $NA$  は、例えば、0.15 であり、最外周部の最小周期は  $13 \lambda_1$  であるため、レンズ全域にわたって、両波長に対して回折効率を 80 % 以上とすることができる。しかし、回折形対物レンズの  $NA$  は、第 1、第 2 の波長に対して、それぞれ、例えば、0.6、0.45 であり、最外周部の最小周期は、それぞれ、 $3.3 \lambda_1$ 、 $2.2 \lambda_2$  であるため、周辺で回折効率が低下する。

## 【0 0 9 6】

尚、本実施の形態においては、両波長に対して回折効率が大きくなるように、第 1 の波長に対して実質上 2 次の回折光を出射し、第 2 の波長に対して実質上 1 次の回折光を出射するようにしているが、第 1 の波長に対して実質上 4 次の回折光を出射し、第 2 の波長に対して実質上 2 次の回折光を出射するようにしても、動作は可能である（この場合、例えば、溝深さは  $4\lambda_1 / (n-1)$  から  $2\lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあるようにする）。しかし、高次光になるほど溝の深さは波長に対して大きくなるため、後述する図 1 3 からも分かるように、回折効率は低下する傾向にある。

## 【0 0 9 7】

また、本実施の形態においては、3 つの回折光学素子が用いられているが、必ずしもすべての回折光学素子を用いる必要はなく、そのうちの 1 つだけでも効果はある。また、回折光学素子の向きは本実施の形態の場合と逆向きであってもよい。特に、対物レンズ 4 の溝のある面を光ディスク 1 1 側とは反対側にもってくれば、光ディスク 1 1 からのゴミ、埃の影響を回避することができ、また、表面を拭くこともできる。さらに、コリメータレンズ 3 とフォーカス／トラック誤差信号検出素子 8 の位置は逆でもよい。

## 【0 0 9 8】

## 〈第 2 の実施の形態〉

次に、本発明の第 2 の実施の形態の光学ヘッドについて、図 4 を用いて、上記第 1 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0 0 9 9】

図 4 は本発明の第 2 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

## 【0 1 0 0】

本実施の形態の光学ヘッドは、例えば、1 0 G バイト以上の高密度ディスクと CD、CD-R の光ディスクとに対応した、超薄型構成の光学ヘッドである。

## 【0 1 0 1】

図 4 に示すように、回折形のフォーカス／トラック誤差信号検出素子 8 a は光

源・光検出器ユニット 1 7 の窓側に配置されている。また、立ち上げミラーの代わりに、3つの光学面を有するプリズムである屈折光学手段 9 が用いられている。対物レンズ 4 a としては、非球面レンズが用いられている。

### 【0 1 0 2】

屈折光学手段 9 は、情報記録媒体側の面を第 1 面（斜面）1 0、光源側の面を第 2 面（側面）1 2、それ以外の面を第 3 面（底面）1 4 としたとき、例えば、 $0.35 \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たす第 1 の波長  $\lambda_1$  と、その略 2 倍の大きさである例えば、 $0.76 \leq \lambda_2 \leq 0.88 \mu\text{m}$  の関係を満たす第 2 の波長  $\lambda_2$  を選択的に出射する光源 1 から出射されたレーザ光 2 は、回折形コリメータレンズ 3 によって略平行光 6 となる。略平行光 6 は、屈折光学手段 9 の第 2 面 1 2 を透過して、第 1 面 1 0 で全反射し、次いで、例えば、A 1 や多層膜等の反射膜 1 6 が形成された第 3 面 1 4 で反射する。屈折光学手段 9 の第 3 面 1 4 で反射した略平行光 6 は、第 1 面 1 0 を透過し、回折形コリメータレンズ 3 と屈折光学手段 9 との間の略平行光 6 に対して光軸が実質上  $90^\circ$  折り曲げられた状態となる。このようにジグザグ状に屈折光学手段 9 内を伝搬させる構成を採用すれば、コリメータレンズ 3 によって略平行光 6 となった屈折光学手段 9 の第 2 面 1 2 への入射ビームの最も高い位置（光学ヘッド下部又は光学ベース（図示せず）からの z 軸方向の高さ）よりも対物レンズ 4 a の下部を低くすることができるので、光学ヘッドの高さ（z 軸方向のサイズ）を大幅に小さくして、超薄型化を図ることができる。

### 【0 1 0 3】

屈折光学手段 9 の仕様は、次のとおりである。すなわち、屈折光学手段 9 の底面の設置角度  $\theta_b$  は例えば  $5.0^\circ$ 、屈折光学手段 9 の底角の一方の角度  $\theta$  は例えば  $29.3^\circ$ 、屈折光学手段 9 の底角の他方の角度  $\theta_1$  は例えば  $114.3^\circ$ 、第 3 面（底面）1 4 の長さは  $4.4 \text{ mm}$  である。また、屈折光学手段（プリズム）9 の硝材としては、BK 7 が用いられている。この場合、屈折光学手段 9 に入射するビーム径と屈折光学手段 9 から出射するビーム径とは等しくなるように設定されている（ビーム整形無しの構成）。また、屈折光学手段 9 の硝材の屈折率を  $n$ 、屈折光学手段 9 の底面の設置角度を  $\theta_b$  とした場合、屈折光学手段 9 の底

角の一方の角度  $\theta$  は、 $\sin(\theta - \theta_b) = n \cdot \sin(4\theta - 2\theta_b - 90^\circ - \theta')$ 、 $n \cdot \sin \theta' = \sin(\theta - \theta_b)$  の関係を実質上満足し、屈折光学手段 9 の底角の他方の角度  $\theta_1$  は、 $\theta_1 = \theta + 90^\circ - 2\theta_b$  の関係を実質上満足している。本実施の形態においては、屈折光学手段 9 の設置角度を、例えば  $\theta_b = 5^\circ$  としたが、実質上  $2^\circ$  から  $10^\circ$  の範囲内にあれば、対物レンズ 4 a の左端と屈折光学手段 9 との間隔に十分な余裕が生まれ、好ましいことが分かった。

## 【0104】

本実施の形態においても、回折光学素子 3、8 a は、上記第 1 の実施の形態の場合と同じように、第 1 の波長の光に対して実質上 2 次の回折光を出射し、前記第 2 の波長の光に対して実質上 1 次の回折光を出射することで、両波長に対して高い回折効率を実現することができる。

## 【0105】

尚、フォーカス／トラック誤差信号検出素子 8 a は、上記第 1 の実施の形態の場合と同じように、回折形コリメータレンズ 3 と一体化してもよい。また、対物レンズ 4 は回折形レンズであってもよい。

## 【0106】

## 〈第 3 の実施の形態〉

次に、本発明の第 3 の実施の形態の光学ヘッドについて、図 5 を用いて、上記第 2 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0107】

図 5 は本発明の第 3 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

## 【0108】

図 5 に示すように、本実施の形態においては、フォーカス／トラック誤差信号検出素子 8 a に一体化して、例えば、周期が  $10 \mu\text{m}$  の x 軸方向に均一周期のグレーティングである回折光学素子 5 が配置されている。また、コリメータレンズ 3 a としては、非球面レンズが用いられている。

## 【0109】

光源 1 は、例えば、 $0.35 \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たす第 1 の波長  $\lambda_1$  のレーザ光 2 を出射する半導体レーザと、その略 2 倍の波長である、例えば、 $0.76 \leq \lambda_2 \leq 0.88 \mu\text{m}$  の関係を満たす第 2 の波長  $\lambda_2$  のレーザ光 2 を出射する半導体レーザとを、近接させて並べた構成であり、選択的に発光させることができる。回折光学素子 5 は、第 1 の波長のレーザ光 2 に対しては、例えば  $4.7^\circ$  の回折角で実質上 2 次の回折光を出射し、第 2 の波長のレーザ光 2 に対しては、例えば  $4.7^\circ$  の同じ回折角で実質上 1 次の回折光を出射する。従って、第 1 と第 2 の波長のレーザ光 2 に対して、回折光学素子 5 の回折角をほとんど同じにすることができるので、回折光学素子 5 から出射されるレーザ光 2 の光軸もほとんど同じにすることができる。

#### 【0 1 1 0】

本実施の形態においては、光源 1 として半導体レーザが用いられているため、高周波モジュール又は自励発振によって典型的に  $1 \text{ nm}$  程度の波長広がりが生じ、また、環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化するという現象が生じる。

#### 【0 1 1 1】

本実施の形態においては、屈折光学手段 9 の側面 1 2 と斜面 1 0 にレーザ光 2 の光軸が斜めに入射するため、波長帯域に広がりがあると、屈折角が異なるといった色分散が生じる。光路中に、回折光の回折角の変化が、屈折光学手段 9 での屈折角の変化と互いに相殺する方向に生じるように、回折光学素子 5 を配置すれば、色分散が打ち消されて、光ディスク 1 1 上に良好に集光させることが可能となる。特に、 $0.35 \mu\text{m} \sim 0.44 \mu\text{m}$  (第 1 の波長) の波長帯域においては、ガラス (プリズムである屈折光学手段 9) の色分散が非常に大きいため、回折光学素子 5 によってそれを打ち消すことは、光ディスク 1 1 上で良好な集光スポットを形成する上で、非常に有効である。

#### 【0 1 1 2】

本発明者らは、プリズムである屈折光学手段 9 を構成するガラスの硝材が低分散である場合に、幅広い波長領域で、色収差をほぼ問題とならない程度まで相殺することができ、同時に、色収差を補正する回折光学素子 5 の周期も大きくする

ことができるため、素子の製造が容易で高い回折効率が得られることを見い出した。また、波長変動は、第1の波長で $\pm 10\text{ nm}$ の範囲内であることが、現実的にはほとんどであり、その場合、硝材のアッベ数が64以上であれば、光ディスク11上に色収差の影響の小さい光スポットを形成することができることも見出した。従って、硝材としては、BK7、FC5、FK5、FCD1、FCD10、FCD100等が望ましい。

## 【0113】

本実施の形態の光学ヘッドにおいては、均一周期のグレーティングである回折光学素子5が、光源1からコリメータレンズ3aまでの収束光光路又は発散光光路中に配置されている。本発明者らは、このような収束光光路又は発散光光路中に、色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5を配置した場合に、入射角によって補正効果が異なる（光が傾いて入射した場合ほど、色収差補正効果が大きくなる）ことを見い出した。このため、厳密には、出射光2の収束角に合わせて、z軸方向の回折光学素子5の周期分布を変化させる必要がある。しかし、開口数が0.39以下の収束光光路中又は発散光光路中に色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5が配置されている場合には、対物レンズ4aでの光ディスク11上のスポットは色収差で問題にならないことが分かった。このため、均一周期のグレーティングである回折光学素子5を用いることが可能となるので、位置合わせや製造が容易となる。

## 【0114】

## 〈第4の実施の形態〉

次に、本発明の第4の実施の形態の光学ヘッドについて、図6を用いて、上記第3の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0115】

図6(a)は本発明の第4の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図6(b)は本発明の第4の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図である。

## 【0116】

図6に示すように、本実施の形態においては、第1の波長 $\lambda_1$ の光の光源1a



と、その略2倍の波長である、第2の波長 $\lambda_2$ の光の光源1bとが、波長ごとに設けられた光検出器13とともに、それぞれ別々の光源・光検出器ユニット17a、17b内に配置されており、ビームスプリッタ18によって両波長が合波・分波される。ビームスプリッタ18は、ウエッジプリズム等でもよく、合波・分波が可能な素子であればこれに限定されるものではない。

## 【0117】

プリズムである屈折光学手段9aの側面には、屈折光学素子9aの色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5aが一体化されて設けられている。回折光学素子5aは、上記第3の実施の形態の場合と同じく、第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を出射することにより、両波長に対して高い効率を実現することができる。また、色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5aを、略平行光6の光路に配置することにより、回折効率や色収差補正効果を素子全面にわたってほぼ等しくすることができる。また、回折光学素子5aを屈折光学手段9aと一体化したことにより、構造が安定で、1つの部品として取り扱うことができるため、位置合わせが容易となる。

## 【0118】

また、本実施の形態においては、プリズムである屈折光学手段9aの底面14の設置角度が0であり、底面14をこれ載せる光学ベース（図示せず）にそのまま配置することができるため、位置合わせが容易となる。尚、グレーティングである回折光学素子5aは、プリズムである屈折光学手段9aの他の面10、14に配置してもよい。

## 【0119】

## 〈第5の実施の形態〉

次に、本発明の第5の実施の形態の光学ヘッドについて、図7を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0120】

図7は本発明の第5の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

## 【0121】

図7に示すように、本実施の形態の光学ヘッドにおいては、立ち上げミラー15と対物レンズ4aとの間の光路中に、対物レンズ4aの色収差を補正する色収差補正素子19が配置されている。ここで、対物レンズ4aとコリメータレンズ3は非球面レンズである。

## 【0122】

本発明者らは、 $0.35\mu\text{m}\sim 0.44\mu\text{m}$ （第1の波長）の波長帯域においてはガラスの色分散が非常に大きく、例えば、対物レンズ4aの硝材がVC79（アッベ数57.7）、波長が、例えば、 $\lambda_1 = 0.4\mu\text{m}$ 、開口数が $\text{NA} = 0.6$ の仕様で設計した場合には、入射波長が $\pm 1\text{nm}$ だけ変化しても、集光スポット位置は焦点深度（ $\pm 0.56\mu\text{m}$ ）よりも大きく焦点が変化（例えば、 $0.8\mu\text{m}$ ）し、良好なスポットが得られない（焦点ぼけ）という問題が発生することを見い出した。例えば、高周波モジュールや自励発振によって波長帯域が広がったり（波長広がり $\pm 1\text{nm}$ 程度）する場合にこの問題が発生する。

## 【0123】

本実施の形態においては、対物レンズ4aの色収差を補正する色収差補正素子19を配置することにより、このような問題を解決することのできる光学ヘッドを実現している。

## 【0124】

さらに、書き換え可能な光ディスクへの書き込みと読み出しを高速に行う場合、第1の波長の光では際立って焦点位置が変動し易いため、本発明の効果は大きい。

## 【0125】

色収差補正素子19は、凸型の回折形レンズであり、同心円状のグレーティングが外周部に行くにしたがって周期が徐々に小さくなるようなパターン形状を有しており、これまで述べたような、第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を生じさせ、第1の波長の略2倍の波長である第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を生じさせるような段差（溝深さ）Lを有する、断面が実質上鋸歯形状となっている。

## 【0 1 2 6】

ここで、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、色収差補正素子の材料の屈折率  $n$  に対して、段差  $L$  は、上記第 1 の実施の形態と同じく、実質上  $L_1 = 2 \lambda_1 / (n - 1)$  から  $L_2 = \lambda_2 / (n - 1)$  の範囲内にあり、両波長に対して回折効率が大きくなる。

## 【0 1 2 7】

本実施の形態において、色収差補正素子 1 9 は、例えば、F 数が 1 0. 0（開口数  $NA = 0. 0 5$ ）の凸型の回折形レンズであり、図 7 に示すように、略平行光 6 が色収差補正素子 1 9 よって緩やかな収束光となり、これが対物レンズ 4 a によって最終的に、例えば、開口数  $NA = 0. 6 6$  の収束光 7 となる。従って、対物レンズ 4 a 自体の開口数を、実質的には、例えば、0. 6 程度に低減することができ、色収差補正が可能であると共に、製造が容易となる。

## 【0 1 2 8】

本実施の形態においては、色収差補正素子 1 9 と対物レンズ 4 a をアクチュエータによって一体的に駆動するようにされている。このような構成とすることにより、両素子の光軸を常に一致させた状態にすることができるので、良好な光学特性を得ることができる。

## 【0 1 2 9】

## 〈第 6 の実施の形態〉

次に、本発明の第 6 の実施の形態の光学ヘッドについて、図 8、図 9 を用いて、上記第 5 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0 1 3 0】

図 8 は本発明の第 6 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図 9 (a) は本発明の第 6 の実施の形態における光学ヘッドの色収差補正素子を形成した対物レンズを示す断面図、図 9 (b) はその平面図である。

## 【0 1 3 1】

本実施の形態においては、図 8、図 9 に示すように、対物レンズ 4 c 上に、同心円状のパターン形状を有し、断面が実質上鋸歯形状（段差  $s$ ）の色収差補正素

子 19 a が形成されている。このように色収差補正素子 19 a と対物レンズ 4 c を一体化することにより、光学ヘッドの小型化、位置合わせの容易化が可能となる。

### 【0132】

第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 1 の波長の略 2 倍の波長である第 2 の波長  $\lambda_2$ 、色収差補正素子 19 a の材料の屈折率  $n$  に対して、段差  $s$  は、 $s_1 = 2\lambda_1 / (n-1)$  から  $s_2 = \lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあるように設定されており、設計波長  $\lambda_1$  もしくは  $\lambda_2$  の光が入射した場合には、位相差が  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  に対して、それぞれ、実質的に  $4\pi$ 、 $2\pi$  となる（両波長に対して実質上位相飛びがない）。このため、段差がない場合と同じく（色収差補正素子 19 a が無い場合と同じく）、両波長に対して光の損失がほとんど無く、対物レンズ 4 c によって良好に集光される。しかし、入射光の波長が設計値からずれてくると、色収差補正素子 19 a の溝の深さに対する位相差が、それぞれ、 $4\pi$ 、 $2\pi$  からずれてくるため、色収差補正素子 19 a は、対物レンズ 4 a の波長ずれによる焦点変動を打ち消し合うように波面変換を行う。すなわち、略平行光（入射光）6 の波長が長くなると、対物レンズ 4 c の硝材の屈折率が小さくなるために、対物レンズ 4 c の焦点距離は長くなる。しかし、色収差補正素子 19 a の段差での位相差は第 1 及び第 2 の波長に対して、それぞれ、 $4\pi$ 、 $2\pi$  よりも小さくなるため、色収差補正素子 19 a からの出射光は収束光となり、対物レンズ 4 c の焦点距離を実質上短くするように機能し、トータルで焦点距離の変動はなくなる。

### 【0133】

尚、本実施の形態においては、色収差補正素子 19 a の段差での位相差が第 1 及び第 2 の波長に対して、それぞれ、実質上  $4\pi$ 、 $2\pi$  となり、両波長に対して色収差補正素子 19 a の段差での位相飛びが実質上起こらないように、段差  $s$  を  $s_1 = 2\lambda_1 / (n-1)$  から  $s_2 = \lambda_2 / (n-1)$  の範囲内に設定しているが、色収差補正素子 19 a の段差での位相差が第 1 及び第 2 の波長に対して、それぞれ、実質上  $8\pi$ 、 $4\pi$  となるように、段差  $s$  を  $s_1 = 4\lambda_1 / (n-1)$  から  $s_2 = 2\lambda_2 / (n-1)$  の範囲内に設定しても、機能はする。しかし、この場合には、段差が大きくなるため、光の損失は前者よりも大きくなる。

## 【 0 1 3 4 】

## 〈第 7 の実施の形態〉

次に、本発明の第 7 の実施の形態の光学ヘッドについて、図 1 0 を用いて、上記第 1 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【 0 1 3 5 】

図 1 0 は本発明の第 7 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

## 【 0 1 3 6 】

本実施の形態においては、立ち上げミラー 1 5 と対物レンズ 4 a との間の光路中に、対物レンズ 4 a の色収差を補正する色収差補正素子 1 9 b が配置されている。

## 【 0 1 3 7 】

色収差補正素子 1 9 b は、周囲に行くにしたがって周期が徐々に小さくなる、典型的な回折形レンズのパターン形状である。色収差補正素子 1 9 b の断面は、図 1 0 に示すような階段形状であり、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 1 の波長の略 2 倍の波長である第 2 の波長  $\lambda_2$ 、色収差補正素子 1 9 b の材料の屈折率  $n$  に対して、上記階段形状の最小の段差  $s$  は、実質上  $s_1 = 2 \lambda_1 / (n - 1)$  から  $s_2 = \lambda_2 / (n - 1)$  の範囲内にあるように設定されている。この場合、両波長に対して光利用効率が良好になる。上記階段形状の段差  $s$  は、それぞれの波長に対して、位相差が実質的に  $4\pi$ 、 $2\pi$  であるため、それぞれの設計波長の場合には、何も素子が無いのと等価であり、それぞれの波長を有する略平行光 6 はそのまま通過してしまう。しかし、設計波長から変化した場合には、位相差がずれるので、上記第 6 の実施の形態の場合と同じく、平行光が発散光又は収束光となり、対物レンズ 4 a で生じる焦点変動を打ち消す役割を果たす。

## 【 0 1 3 8 】

## 〈第 8 の実施の形態〉

次に、本発明の第 8 の実施の形態の光学ヘッドについて、図 1 1 を用いて、上記第 1 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【 0 1 3 9 】

図 11 (a) は本発明の第 8 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図 11 (b) は本発明の第 8 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図である。

## 【0140】

本実施の形態の光学ヘッドは、第 1 及び第 2 の波長の光がジグザグ状に伝搬する透明基板 20 を備え、透明基板 20 上には複数の回折光学素子 4b、8d、3b、22 が配置されている。

## 【0141】

オフアキシス形の回折形対物レンズ 4b、反射形の回折形コリメータレンズ 3b は、上記第 1 の実施の形態の場合と同じく、第 1 の波長の光に対しては実質上 2 次の回折光を出射し、その略 2 倍の第 2 の波長の光に対しては実質上 1 次の回折光を出射する。回折形対物レンズ 4b は、断面形状が実質上鋸歯形状の透過型素子であるため、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、材料の屈折率  $n$  に対して、鋸歯形状の深さ  $L$  が、実質上  $L_1 = 2\lambda_1 / (n-1)$  から  $L_2 = \lambda_2 / (n-1)$  の範囲内にあり、また、回折形コリメータレンズ 3b は、断面形状が実質上鋸歯形状の反射型素子（基板側から入射）であり、鋸歯形状の深さ  $L$  を、実質上  $L_1 = \lambda_1 / n$  から  $L_2 = \lambda_2 / 2n$  の範囲内にあるように設定すれば、両波長に対して高い回折効率を得ることができる。

## 【0142】

例えば、厚さ 3 mm のガラス等の透明基板 20 の裏面には、例えば、 $0.35 \mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu\text{m}$  の関係を満たす第 1 の波長  $\lambda_1$  の光と、例えば、 $0.76 \mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.88 \mu\text{m}$  の関係を満たす第 2 の波長  $\lambda_2$  の光を選択的に出射する光源 1 が配置されている。光源 1 は、異方性エッチングによって形成されたシリコン基板 21 の逆ピラミッド状の穴の斜面にマウントされており、光源 1 からの光 2 は、透明基板 20 に対して斜め方向から入射する。透明基板 20 に入射した光 2 は、伝搬光となって回折形の波長安定化素子 22 に入射する。ここで、例えば、数%から 10% 程度の選択された波長を有する 1 次又は 2 次の回折光は、波長安定化のためにその一部が光源 1 に戻るようにされている。また、残りの 0 次回折光は透明基板 20 内をジグザグ状に伝搬する。回折光学素子 22、3

b、8dと透明基板20の表面の一部と裏面の一部には、例えばAg、Al、Au等の金属層又は誘電体の多層膜からなる反射膜16aが形成されている。透明基板20内をジグザグ状に伝搬した光2は、回折形コリメータレンズ3bによって略平行光6となり、オフアキシス形の透過形対物レンズ4bによって光ディスク11上に集光（収束光7）される。光ディスク11によって反射された光7は、逆方向に折り返し、透過形対物レンズ4bから再び透明基板20内に入射して伝搬光6となり、フォーカス／トラック誤差信号検出素子である反射形ツインレンズ8dに入射する。反射形ツインレンズ8dは、同じ仕様を有する反射形レンズを2つアレイ状に配列した構造を有している。伝搬光はこの反射形ツインレンズ8dによって2分割されて透明基板20内をジグザグ状に伝搬し、シリコン基板21上に形成された光検出器13に集光する。

## 【0143】

本実施の形態の反射形コリメータレンズ3bの各グレーティング、反射形ツインレンズ8dを構成する1つの反射形レンズの各グレーティングは、伝搬光の光軸方向であるy軸方向に長軸を持つそれぞれが同じ離心率の楕円形状であり、外周にいくにしたがって周期が小さくなっている。この楕円形パターンの中心位置は、外周部にいくにしたがって、レンズに対する入射側と出射側のうち平方光に近い方に徐々にずれている（レンズ3bではy方向、レンズ8dでは-y方向）。反射形コリメータレンズ3bをこのような形状とすることにより、斜め入射の影響で通常生じるコマ収差と非点収差をなくし、良好にコリメートすることができる。

## 【0144】

本実施の形態の透過形対物レンズ4bとして用いたオフアキシス形の透過形回折光学レンズは、光の進行方向（y方向）に対して徐々に周期が小さくなるような、曲率と中心位置が徐々にずれている楕円の1部である曲線グレーティングから構成されている。

## 【0145】

本実施の形態においては、透明基板20上に各光学部品を配置する構成を採用しているため、位置合わせが容易で小型軽量化が可能な光学ヘッドを実現するこ

とができる。また、4つの回折光学素子22、3b、8d、4bは、溝の深さが波長オーダーに設定されており、このため、例えば、射出成形や2P法等によって一括して作製することが可能であり、また、相対位置を正確に設定することができると共に、低コスト化も可能となる。

【0146】

#### 〈第9の実施の形態〉

次に、本発明の第9の実施の形態の光学ヘッドについて、図12を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0147】

図12は本発明の第9の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の波長 $\lambda$ で規格化した規格化グレーティング周期 $\Lambda/\lambda$ と回折効率との関係を示すグラフである。

【0148】

本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と回折光学素子の溝の深さが上記第1の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、第1の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射する。

【0149】

本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 $\lambda_1$ の光は、例えば、実質上 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第1の波長の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができる。その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第2の波長 $\lambda_2$ の光は、例えば、 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第2の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。



## 【0150】

本発明者らは、高密度光ディスクとDVD、DVD-Rの光ディスクの両方に対応できる2波長の光学ヘッドにおいて、その2波長間の波長の大きさの関係を略1.5倍に設定（実際の場合、1.4倍程度から1.7倍程度）し、高密度光ディスクに対応するとき（第1の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上3次回折光を用い、DVD、DVD-Rの光ディスクに対応するとき（第2の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上2次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配置しても、どちらの波長の光に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができることを見い出した。

## 【0151】

通常、回折光学素子における回折角は、波長と周期と回折次数によって決められるが、本発明者らは、第1の波長で実質的に3次回折光を用い、略1.5倍の波長の第2の波長で2次回折光を用いるようにすることにより、波長が異なっても、回折角をほぼ等しくすることができるということを見い出した。

## 【0152】

回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、上記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、上記鋸歯形状の深さ $L$ が、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1 / (n-1)$ から $L_2 = 2\lambda_2 / (n-1)$ の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1 / 2n$ から $L_2 = \lambda_2 / n$ の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1 / 2$ から $L_2 = \lambda_2$ の範囲内にあるようにして、どちらの波長に対しても回折効率が最大となるようにした。例えば、 $\lambda_1 = 0.40\mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.65\mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$ の場合には、透過型素子では $L = 2.4\mu\text{m} \sim 2.6\mu\text{m}$ 、反射型素子では、 $L = 0.40\mu\text{m} \sim 0.43\mu\text{m}$ （基板側から入射）、 $L = 0.60\mu\text{m} \sim 0.65\mu\text{m}$ （空気側から入射）である。

## 【0153】

また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用い

ることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数を  $p$  としたとき、透過型素子の場合には、実質上  $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$  から  $L_2 = 2(p-1)\lambda_2 / [p(n-1)]$  の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / 2pn$  から  $L_2 = (p-1)\lambda_2 / pn$  の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / 2p$  から  $L_2 = (p-1)\lambda_2 / p$  の範囲内にいることが望ましい。

## 【0154】

本実施の形態のように、完全に  $1.5\lambda_1 = \lambda_2$  とならない場合には、 $L_1 \neq L_2$  であり、好ましい溝深さは、 $L_1$  から  $L_2$  の範囲内にあるが、溝深さを  $L_1$  としたときは第1の波長  $\lambda_1$  に対する効率重視となり、溝深さを  $L_2$  としたときには第2の波長  $\lambda_2$  に対する効率重視となり、ちょうどその平均の大きさ ( $0.5(L_1 + L_2)$ ) のときに、両波長に対してバランスがとれた状態となる。波長が短いほど光利用効率が重要視されるので、回折光学素子の溝の深さは  $L_1$  に設定されるのがより望ましいと言える。

## 【0155】

図12から分かるように、2次回折効率の方が3次回折効率よりも概ね良好であるが、どちらの回折効率も  $\Lambda/\lambda$  が小さくなると減少する傾向にある。どちらの回折効率も80%以上になる  $\Lambda/\lambda$  は1.6以上であるので、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が第1の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 1.6\lambda_1$  の関係を満たすようにすることにより、両波長に対して回折効率を80%以上とすることができる。

## 【0156】

## 〈第10の実施の形態〉

次に、本発明の第10の実施の形態の光学ヘッドについて、図13を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0157】

図13は本発明の第10の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の波長  $\lambda$  で規格化した規格化グレーティング周期  $\Lambda/\lambda$  と回折効率との関係を示すグラフである。

## 【0158】

本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と回折光学素子の溝の深さが上記第1の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の光に対して略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、第1の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射し、第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、第3の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射する。

## 【0159】

本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 $\lambda_1$ の光は、例えば、実質上 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第1の波長の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第2の波長 $\lambda_2$ の光は、例えば、実質上 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第2の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第3の波長 $\lambda_3$ の光は、例えば、実質上 $0.76\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.88\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第3の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

## 【0160】

本発明者らは、高密度光ディスクとDVD、DVD-R、CD、CD-R等の種々の光ディスクに対応できる3波長の光学ヘッドにおいて、その3波長間の波長の大きさの比をおよそ1:2:1.5に設定し（実際の場合、1:1.8~2.1:1.4~1.7）、高密度光ディスクに対応するとき（第1の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上4次回折光を用い、CD、CD-Rの光ディスクに対応するとき（第2の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上2次回折光を用い、DVD、DVD-Rの光ディスク

に対応するとき（第 3 の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上 3 次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配置しても、3 つの波長の光のうち、第 1 及び第 2 の波長の光に対して特に高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができることを見出した。尚、第 3 の波長の光に対しては、第 1 及び第 2 の波長の光に比べて、例えば、およそ 5 % 程度悪くなるだけである。

## 【 0 1 6 1 】

通常、回折光学素子における回折角は、波長と周期と回折次数によって決められるが、本発明者らは、第 1 の波長で実質的に 4 次回折光を用い、第 2 の波長で実質的に 2 次回折光を用い、第 3 の波長で実質的に 3 次回折光を用いるようにすることにより、波長が異なっても、回折角をほぼ等しくすることができるということを見出した。

## 【 0 1 6 2 】

回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第 1 の波長  $\lambda_1$ 、第 2 の波長  $\lambda_2$ 、第 3 の波長  $\lambda_3$ 、上記回折光学素子の材料の屈折率  $n$  に対して、上記鋸歯形状の深さ  $L$  が、透過型素子の場合には、実質上  $L_1 = 4 \lambda_1 / (n - 1)$  と  $L_2 = 2 \lambda_2 / (n - 1)$  と  $L_3 = 3 \lambda_3 / (n - 1)$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = 2 \lambda_1 / n$  と  $L_2 = \lambda_2 / n$  と  $L_3 = 3 \lambda_3 / 2 n$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = 2 \lambda_1$  と  $L_2 = \lambda_2$  と  $L_3 = 3 \lambda_3 / 2$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあるようにして、3 つの波長のいずれに対しても回折効率が最大となるようにした。例えば、 $\lambda_1 = 0.40 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.80 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_3 = 0.65 \mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$  の場合には、透過型素子では  $L = 3.2 \mu\text{m} \sim 3.9 \mu\text{m}$ 、反射型素子では、 $L = 0.53 \mu\text{m} \sim 0.65 \mu\text{m}$ （基板側から入射）、 $L = 0.8 \mu\text{m} \sim 0.98 \mu\text{m}$ （空気側から入射）である。

## 【 0 1 6 3 】

また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数を  $p$  としたとき、

透過型素子の場合には、実質上  $L_1 = 4(p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$  と  $L_2 = 2(p-1)\lambda_2 / [p(n-1)]$  と  $L_3 = 3(p-1)\lambda_3 / [p(n-1)]$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = 2(p-1)\lambda_1 / pn$  と  $L_2 = (p-1)\lambda_2 / pn$  と  $L_3 = 3(p-1)\lambda_3 / 2pn$  のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上  $L_1 = 2(p-1)\lambda_1 / p$  と  $L_2 = (p-1)\lambda_2 / p$  と  $L_3 = 3(p-1)\lambda_3 / 2p$  のうちの最小値と最大値の範囲内にある。

【0164】

図13から分かるように、2次回折効率の方が3次及び4次回折効率よりも概ね良好であるが、3つの次数の回折効率のいずれも  $\Lambda/\lambda$  が小さくなると減少する傾向にある。3つの次数の回折効率のいずれもが80%以上になる  $\Lambda/\lambda$  は2.2以上であるので、回折光学素子の最小周期  $\Lambda_{\min}$  が第1の波長  $\lambda_1$  に対して  $\Lambda_{\min} \geq 2.2\lambda_1$  の関係を満たすようにすることにより、3つの波長に対して回折効率を80%以上とすることができる。

【0165】

#### 〈第11の実施の形態〉

次に、本発明の第11の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第10の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0166】

本実施の形態の光学ヘッドは、回折光学素子の溝の深さと使用する回折次数が上記第10の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、第1の波長の光に対して実質上6次の回折光を出射し、第2の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、第3の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射する。

## 【0 1 6 7】

本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 $\lambda_1$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第1の波長の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができる。また、光源が出射する第2の波長 $\lambda_2$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第2の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第3の波長 $\lambda_3$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.76\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.88\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第3の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

## 【0 1 6 8】

本発明者らは、高密度光ディスクとDVD、DVD-R、CD、CD-R等の種々の光ディスクに対応できる3波長の光学ヘッドにおいて、その3波長間の波長の大きさの比をおよそ $1:2:1.5$ に設定し（実際の場合、 $1:1.8\sim 2.1:1.4\sim 1.7$ ）、高密度光ディスクに対応するとき（第1の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上6次回折光を用い、CD、CD-Rの光ディスクに対応するとき（第2の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上3次回折光を用い、DVD、DVD-Rの光ディスクに対応するとき（第3の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上4次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配置しても、3つのいずれの波長の光に対しても高い回折効率を得ることができる。

## 【0 1 6 9】

尚、本実施の形態の回折光学素子は上記第10の実施の形態の回折光学素子よりも使用する回折次数が大きい、特に、回折光学素子の周期が大きい場合に、本実施の形態の回折光学素子の方が第2の波長に対する回折効率が大きくなる。

## 【0 1 7 0】

回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 $\lambda_1$

、第2の波長 $\lambda_2$ 、第3の波長 $\lambda_3$ 、上記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、上記鋸歯形状の深さ $L$ が、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 6 \lambda_1 / (n - 1)$ と $L_2 = 3 \lambda_2 / (n - 1)$ と $L_3 = 4 \lambda_3 / (n - 1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3 \lambda_1 / n$ と $L_2 = 3 \lambda_2 / 2 n$ と $L_3 = 2 \lambda_3 / n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3 \lambda_1$ と $L_2 = 3 \lambda_2 / 2$ と $L_3 = 2 \lambda_3$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあるようにして、3つの波長のいずれに対しても回折効率が最大となるようにした。例えば、 $\lambda_1 = 0.40 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 = 0.80 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_3 = 0.65 \mu\text{m}$ 、 $n = 1.5$ の場合には、透過型素子では $L = 4.8 \mu\text{m} \sim 5.2 \mu\text{m}$ 、反射型素子では、 $L = 0.80 \mu\text{m} \sim 0.87 \mu\text{m}$ （基板側から入射）、 $L = 1.2 \mu\text{m} \sim 1.3 \mu\text{m}$ （空気側から入射）である。

【0 1 7 1】

また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数を $p$ としたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 6 (p - 1) \lambda_1 / [p (n - 1)]$ と $L_2 = 3 (p - 1) \lambda_2 / [p (n - 1)]$ と $L_3 = 2 (p - 1) \lambda_3 / [p (n - 1)]$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3 (p - 1) \lambda_1 / p n$ と $L_2 = 3 (p - 1) \lambda_2 / 2 p n$ と $L_3 = (p - 1) \lambda_3 / p n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3 (p - 1) \lambda_1 / p$ と $L_2 = 3 (p - 1) \lambda_2 / 2 p$ と $L_3 = (p - 1) \lambda_3 / p$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあることが、光利用効率が良いという意味で望ましい。

【0 1 7 2】

#### 〈第 1 2 の実施の形態〉

次に、本発明の第 1 2 の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第 5 もしくは第 6 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0 1 7 3】

本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と色収差補正素子の段差が上記第5もしくは第6の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。

## 【0174】

本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、上記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、上記色収差補正素子の材料の屈折率 $n$ に対して、段差は、実質上 $3\lambda_1 / (n-1)$ から $2\lambda_2 / (n-1)$ の範囲内にある。

## 【0175】

本実施の形態の構成によれば、第1及び第2の波長の光に対して光利用効率の良好な色収差補正素子を得ることができる。

## 【0176】

本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 $\lambda_1$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第1の波長の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができる。また、光源が出射する第2の波長 $\lambda_2$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第2の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

## 【0177】

## 〈第13の実施の形態〉

次に、本発明の第13の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第5もしくは第6の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0178】

本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と色収差補正素子の段差が上記第5も



しくは第6の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。

【0179】

本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の光に対して略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、上記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、第3の波長 $\lambda_3$ 、上記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、段差は、 $4\lambda_1 / (n-1)$ と $2\lambda_2 / (n-1)$ と $3\lambda_3 / (n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある。

【0180】

本実施の形態の構成によれば、第1～第3の波長の光のうち、第1及び第2の波長の光に対して、特に、光利用効率の良好な光学特性を有する色収差補正素子を得ることができる。

【0181】

本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 $\lambda_1$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第1の波長の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができる。また、光源が出射する第2の波長 $\lambda_2$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第2の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第3の波長 $\lambda_3$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.76\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.88\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第3の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0182】

<第14の実施の形態>

次に、本発明の第14の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第13の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

## 【0183】

本実施の形態の光学ヘッドは、色収差補正素子の段差が上記第13の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。

## 【0184】

本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の光に対して略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、上記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 $\lambda_1$ 、第2の波長 $\lambda_2$ 、第3の波長 $\lambda_3$ 、上記回折光学素子の材料の屈折率 $n$ に対して、段差は、 $6\lambda_1 / (n-1)$ と $\lambda_2 / (n-1)$ と $4\lambda_3 / (n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある。

## 【0185】

本実施の形態の色収差補正素子は上記第13の実施の形態の色収差補正素子と比べて段差が大きい、色収差補正素子の周期が波長に比べて十分大きいとき、本実施の形態のように構成すれば、第1～第3の波長の光に対して光利用効率の良好な光学特性を有する色収差補正素子を得ることができる。

## 【0186】

本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 $\lambda_1$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.35\mu\text{m} \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第1の波長の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができる。また、光源が出射する第2の波長 $\lambda_2$ の光の波長は、例えば、実質上 $0.57\mu\text{m} \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu\text{m}$ の関係を満たし、この第2の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第3の波長 $\lambda_3$ の光の波長は、例えば、実質上0.

$76\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0.88\mu\text{m}$  の関係を満たし、この第3の波長の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

#### 【0187】

以上、第1～第14の実施の形態の光学ヘッドについて説明してきたが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、それぞれの実施の形態の光学ヘッドの構成を組み合わせた光学ヘッドも本発明に含まれ、同様の効果を奏することができる。

#### 【0188】

尚、上記実施の形態で用いた対物レンズとコリメータレンズは便宜上名付けたものであり、一般にいうレンズと同じである。

#### 【0189】

また、上記実施の形態においては、光ディスクを例に挙げて説明したが、同様の情報記録再生装置で厚みや記録密度など複数の仕様の異なる媒体を再生することができるよう設計されたカード状やドラム状、テープ状の製品に応用することも本発明の範囲に含まれる。

#### 【0190】

また、上記実施の形態においては、複数の波長の光を取り扱っているが、実質上  $0.35\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0.44\mu\text{m}$  の関係を満たす波長  $\lambda$  の光を出射する光源を1個だけ備えた光学ヘッドとして構成してもよい（図7～図10において光源を1つにした場合）。この場合、光検出器と、光源から出射される光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とをさらに備え、前記回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子であれば、光源からの出射光としてレンズの硝材の色分散の大きい  $0.35\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0.44\mu\text{m}$  の範囲の半導体レーザ光を用いた場合、高周波モジュールや自励発振による数nm程度の波長帯域の広がりや環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化しても、対物レンズによる大きな色収差を補正して、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。また、この場合、色収差補正素子を対物レンズ上に形成すれば、色収差補正素子と対物レンズを1つの部品として取り扱う

ことができ、小型化・低コスト化が可能となる。また、色収差補正素子と対物レンズをアクチュエータによって一体的に駆動させるようにすれば、色収差補正素子と対物レンズの光軸がずれることがないので、良好な光学特性が得られる。さらに、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する構成にすれば、対物レンズ自体の開口数が低減されるので、製造が容易となる。

【 0 1 9 1 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備えた構成により、光利用効率の高い光学ヘッドを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態の光学ヘッドにおける回折光学素子の規格化波長と回折効率との関係を示すグラフ

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態の光学ヘッドにおける回折光学素子の規格化グレーティング周期と 1 次回折効率及び 2 次回折効率との関係を示すグラフ

【図 4】

本発明の第 2 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図 5】

本発明の第 3 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図 6】

( a ) は本発明の第 4 の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬

の様子を示す側面図、（b）は本発明の第4の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図

【図 7】

本発明の第5の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図 8】

本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図 9】

（a）は本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの色収差補正素子を形成した対物レンズを示す断面図、（b）は本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの色収差補正素子を形成した対物レンズを示す平面図

【図 1 0】

本発明の第7の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図 1 1】

（a）は本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、（b）は本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図

【図 1 2】

本発明の第9の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の規格化グレーティング周期と回折効率との関係を示すグラフ

【図 1 3】

本発明の第10の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の規格化グレーティング周期 $\Lambda/\lambda$ と回折効率との関係を示すグラフ

【図 1 4】

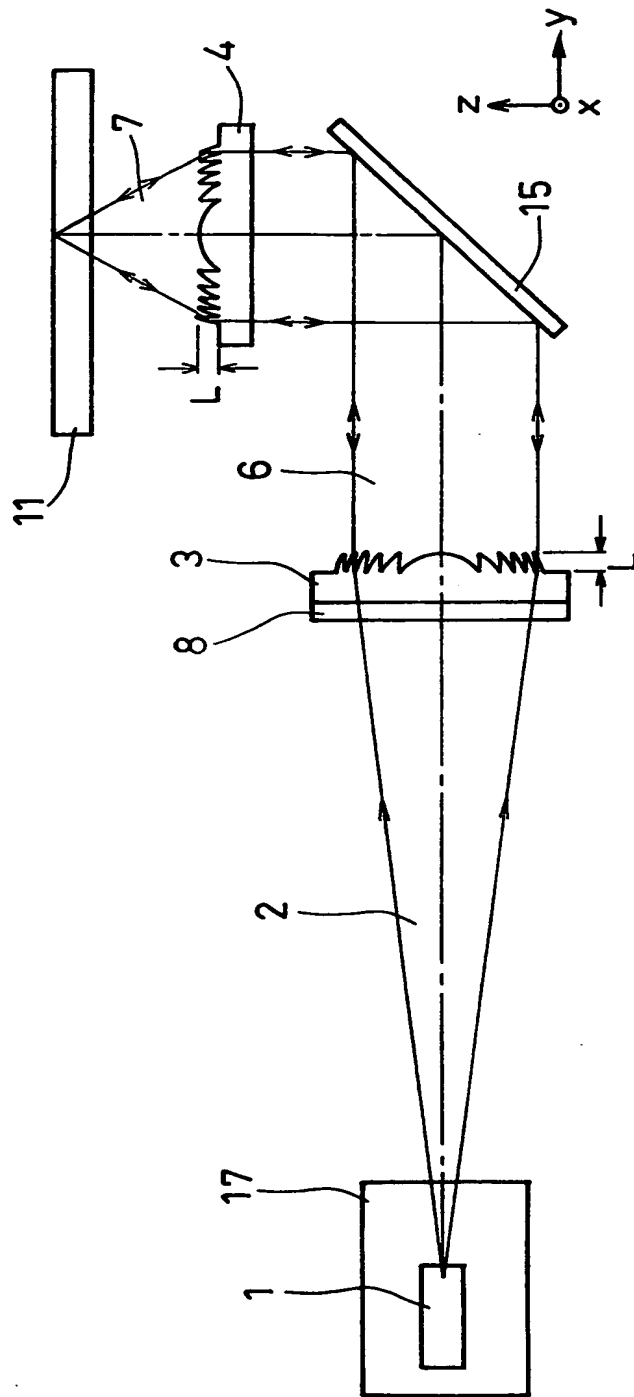
従来の光学ヘッドの回折光学素子の規格化波長と1次回折効率との関係を示すグラフ

【符号の説明】

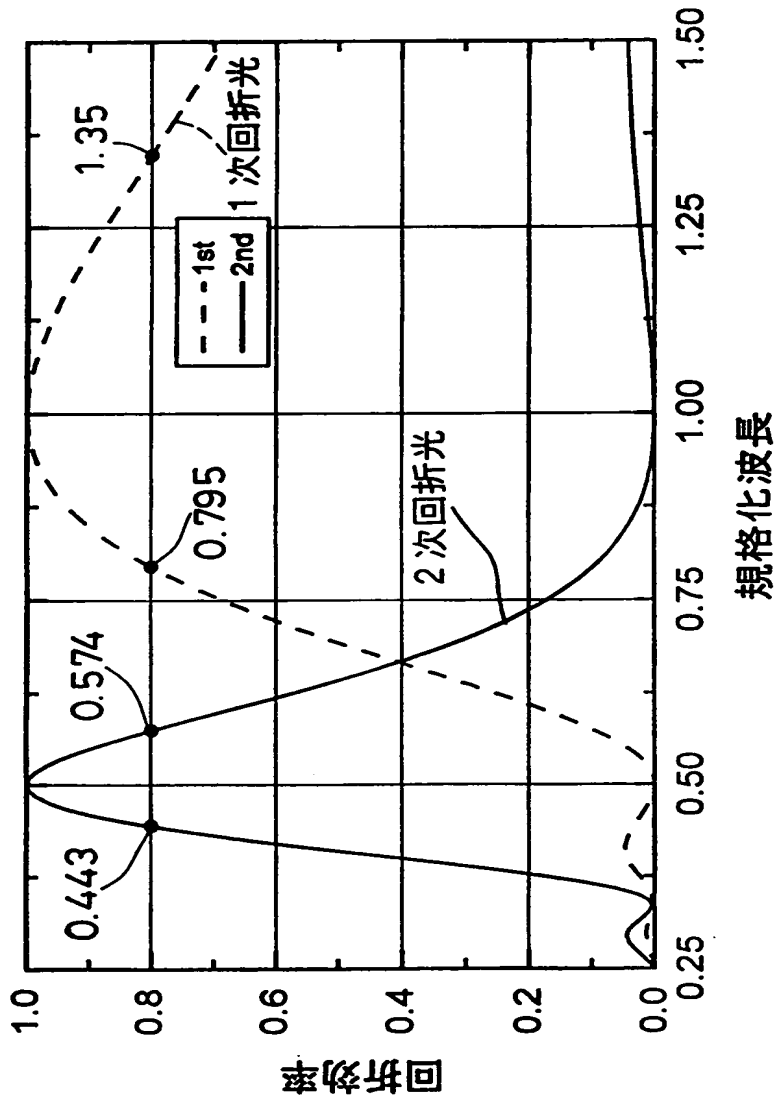
- 1 光源
- 2 出射光
- 3 コリメータレンズ
- 4 対物レンズ
- 5 グレーティング
- 6 平行光
- 7 収束光
- 8 フォーカス／トラック誤差信号検出素子
- 9 屈折光学手段
- 1 0 屈折光学手段の斜面（第 1 面）
- 1 1 情報記録媒体
- 1 2 屈折光学手段の側面（第 2 面）
- 1 3 光検出器
- 1 4 屈折光学手段の底面（第 3 面）
- 1 5 立ち上げミラー
- 1 6 反射膜
- 1 7 光源・光検出器ユニット
- 1 8 ビームスプリッタ
- 1 9 色収差補正素子
- 2 0 透明基板
- 2 1 シリコン基板
- 2 2 波長安定化素子

【書類名】 図面

【図 1】

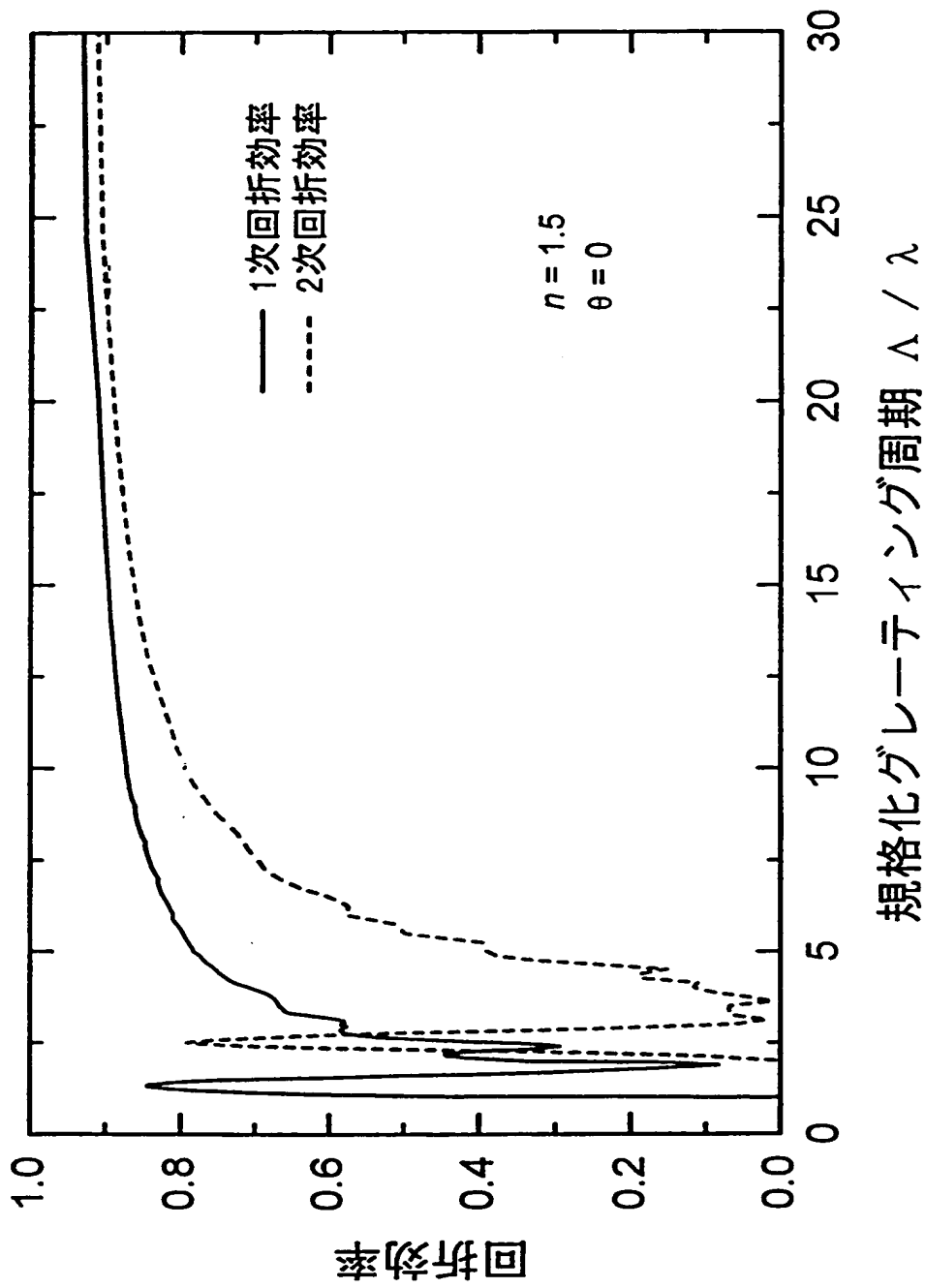


【図 2】

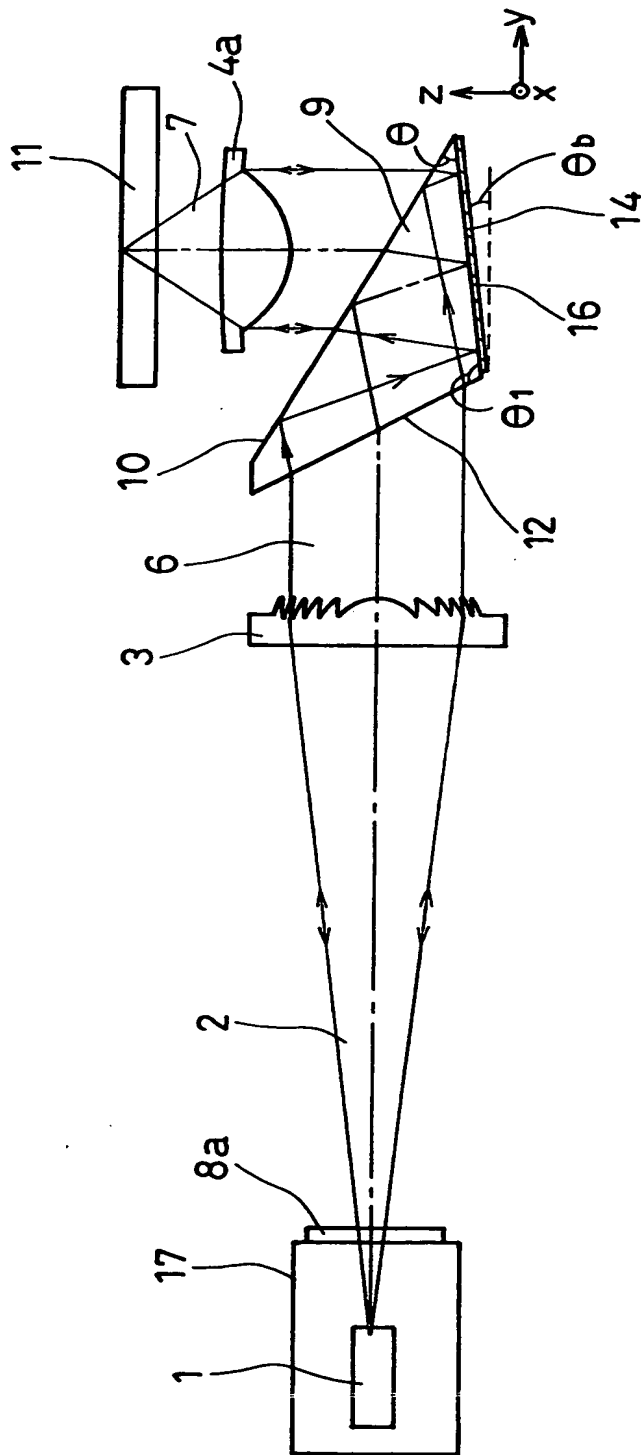




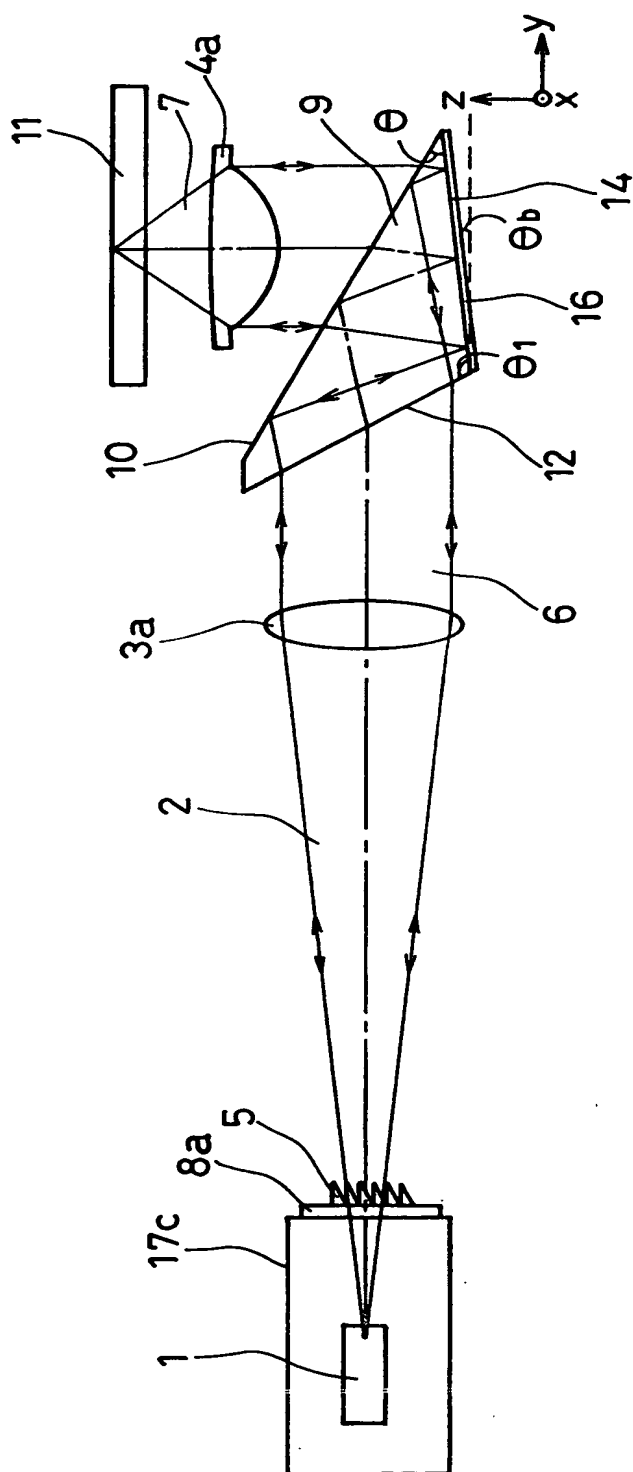
【図 3】



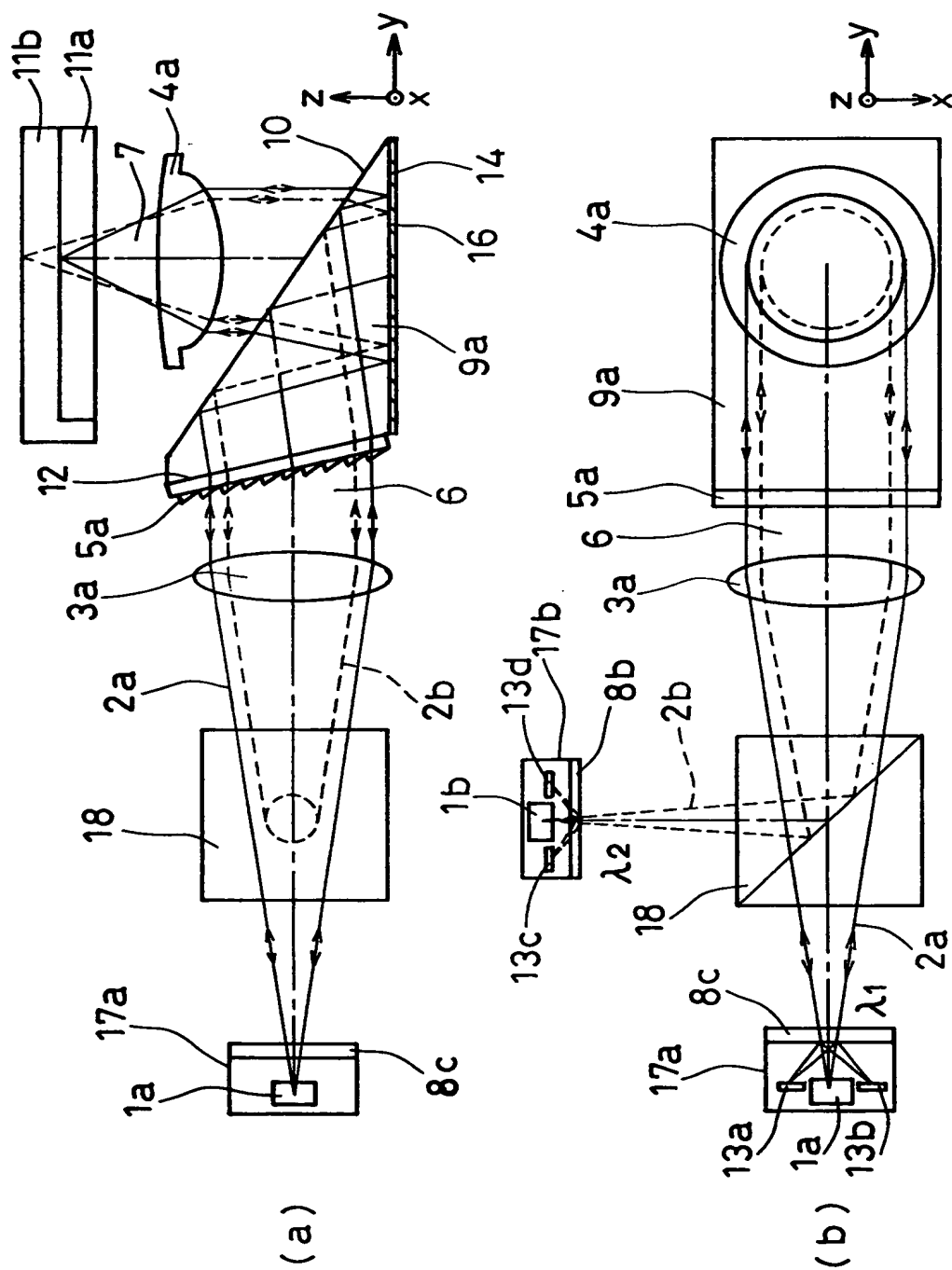
【図 4】



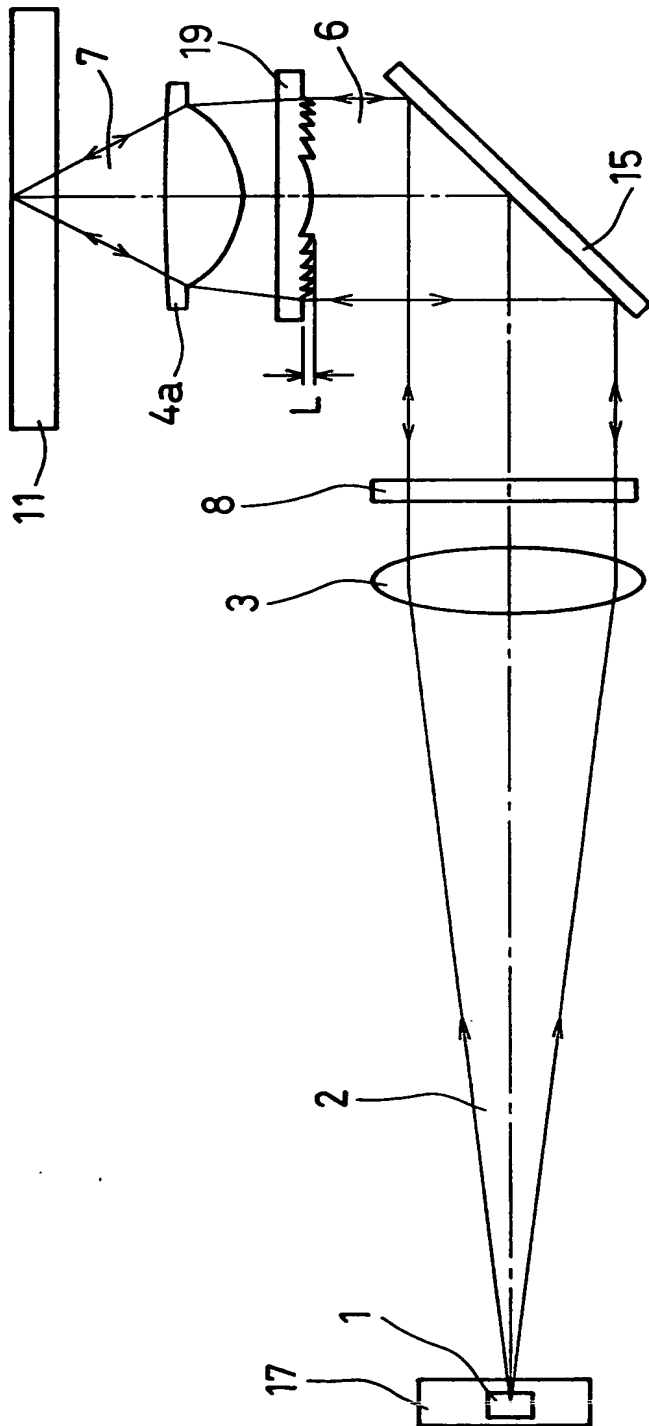
【图 5】



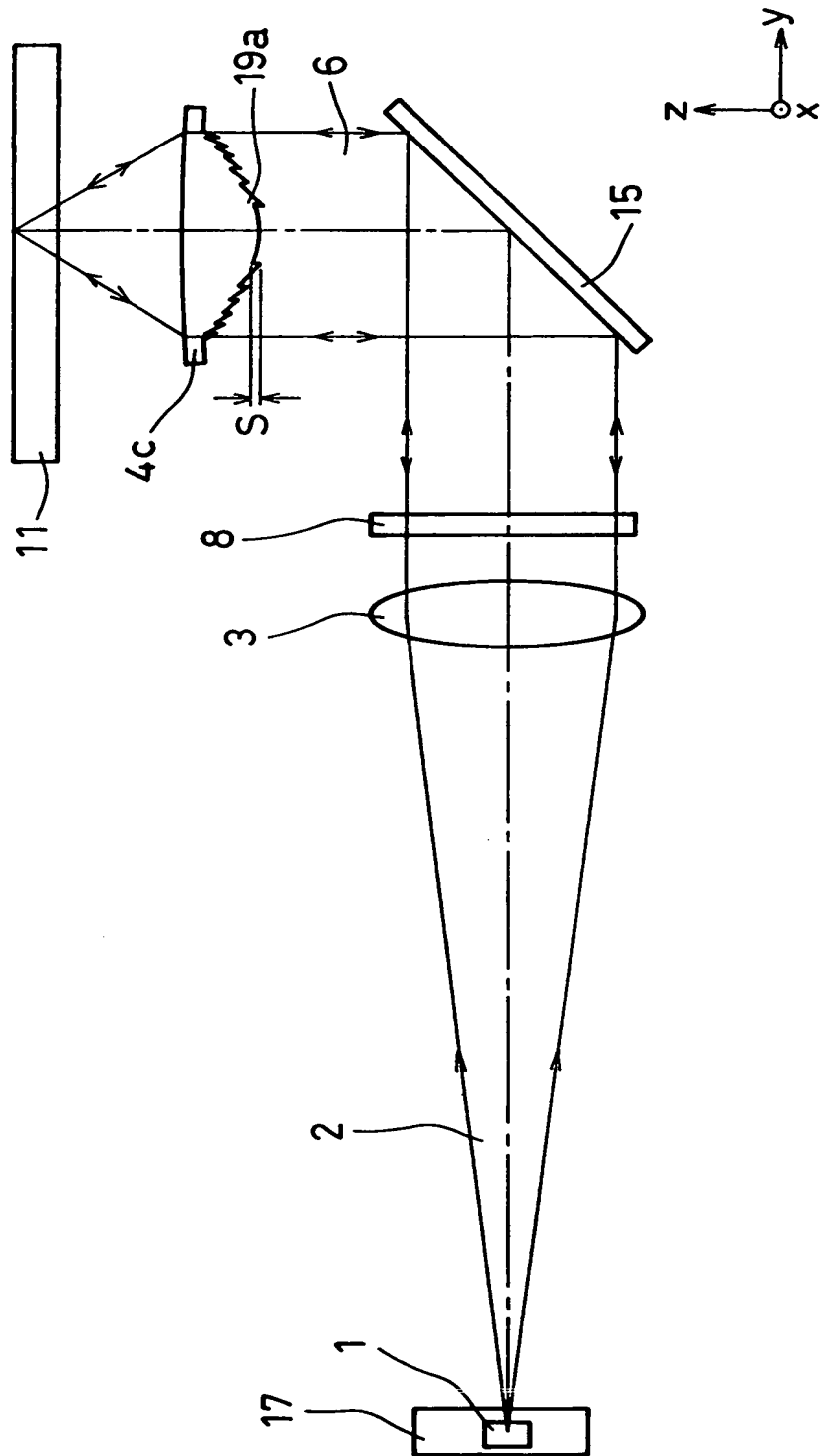
【図 6】



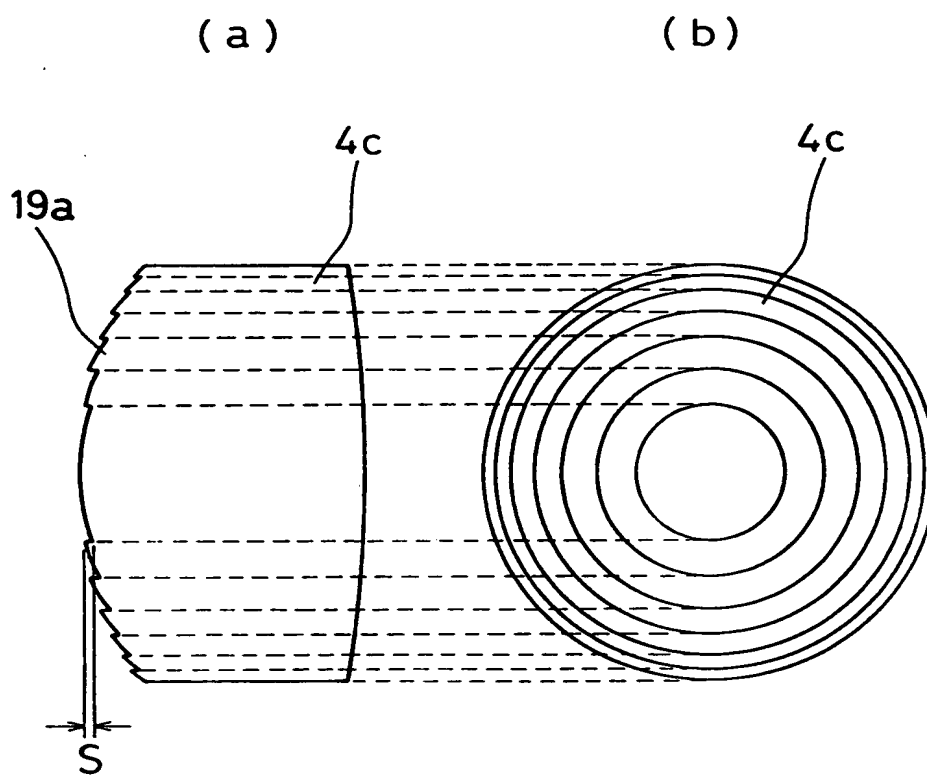
【図 7】



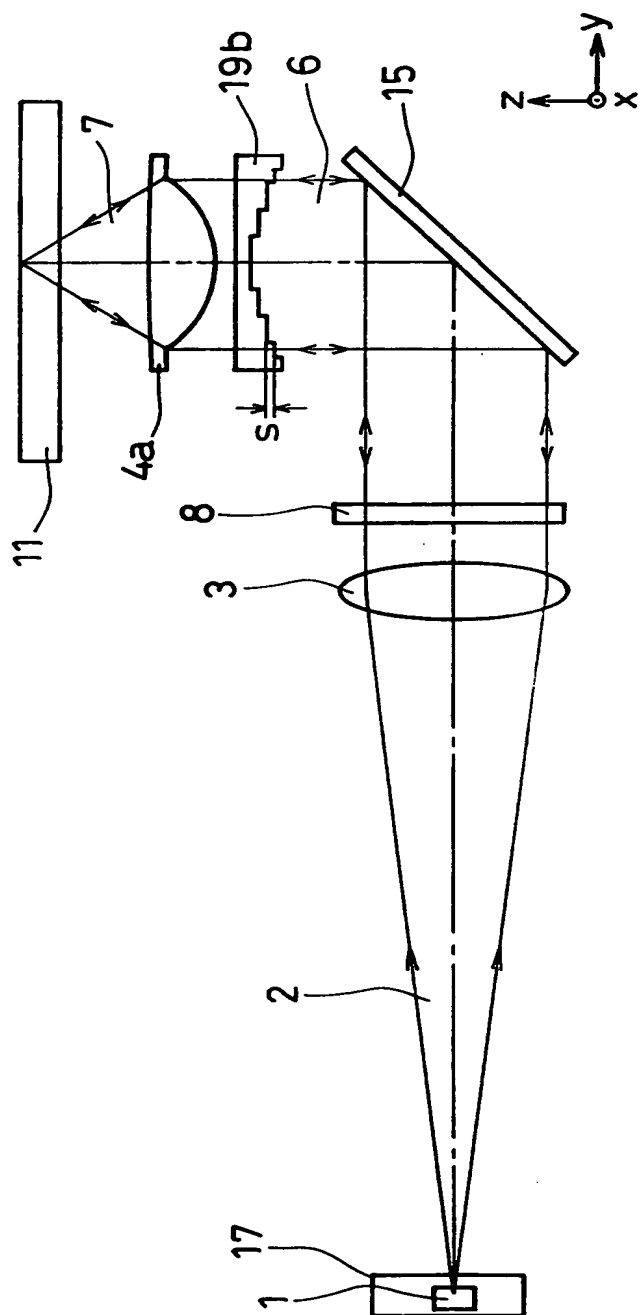
【图 8】



【図 9】

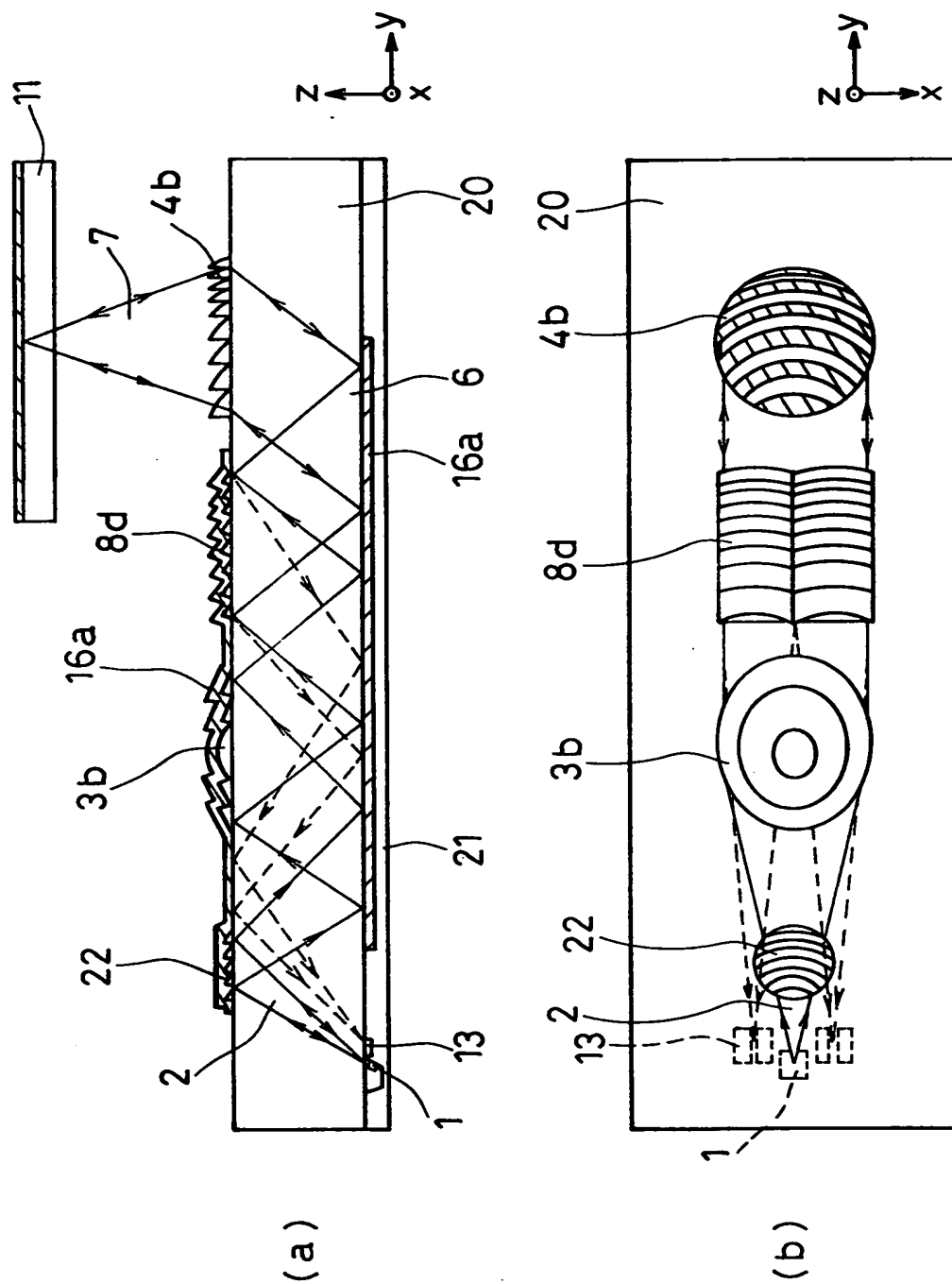


【図 10】

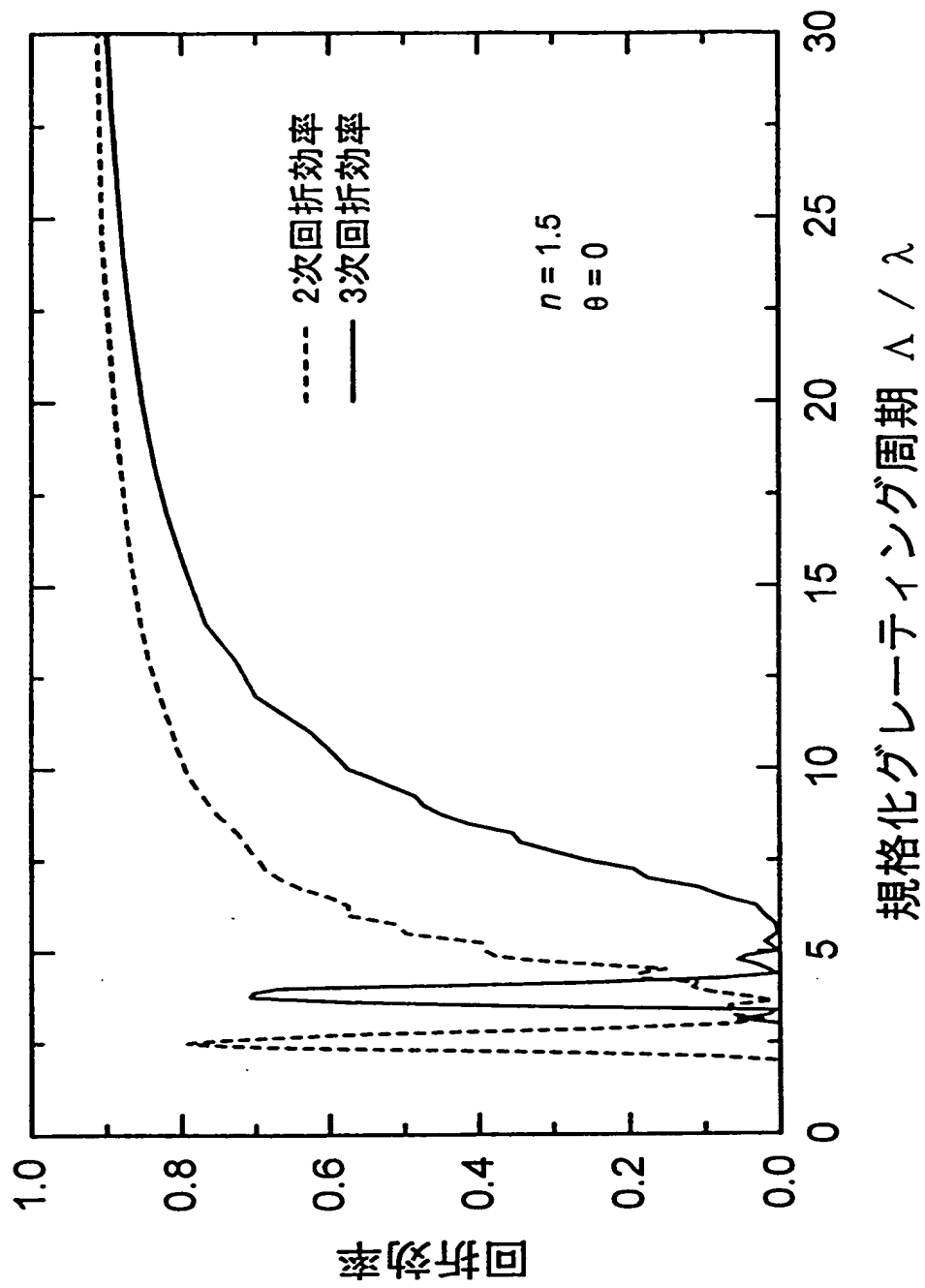




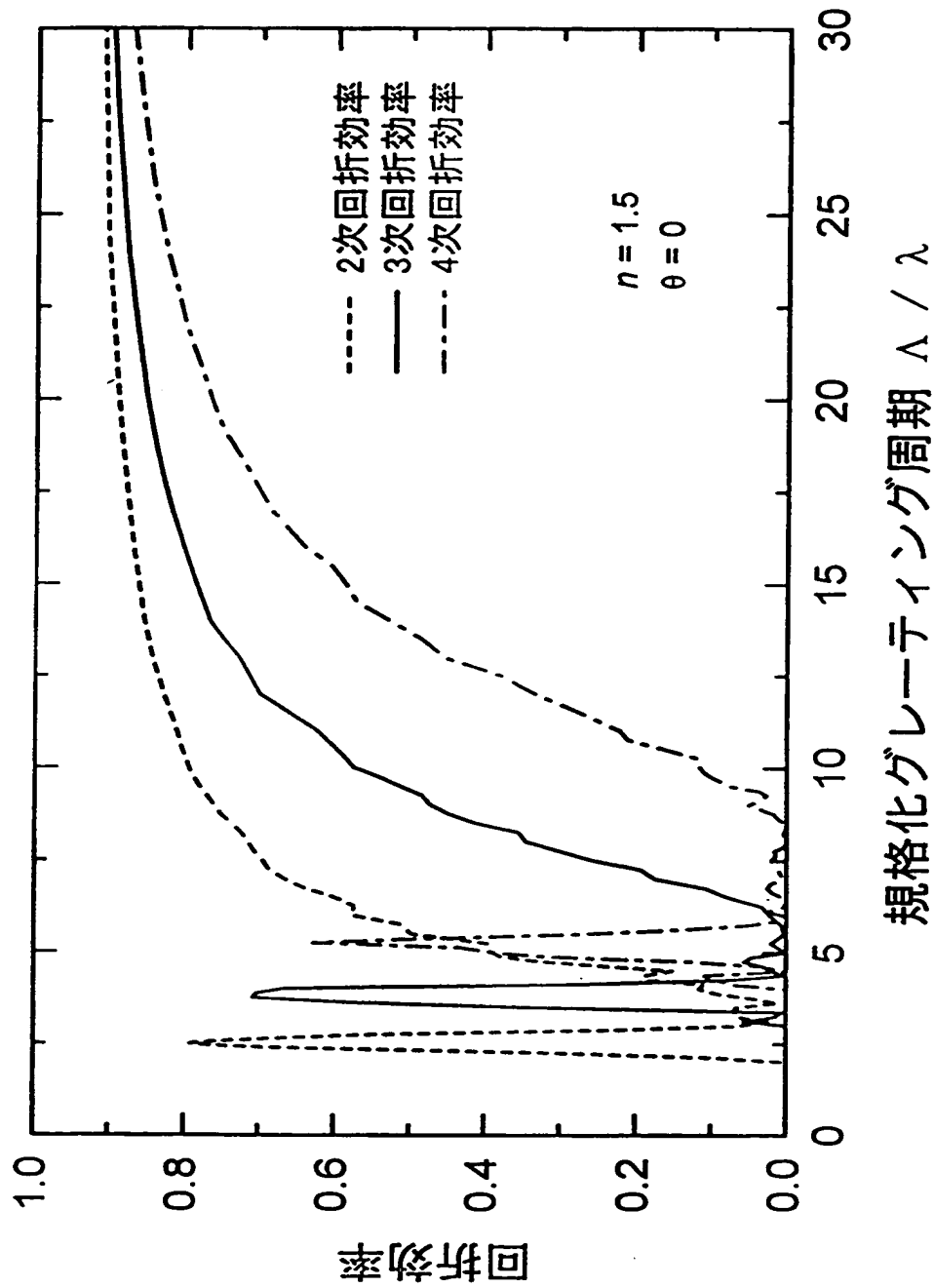
【図 11】



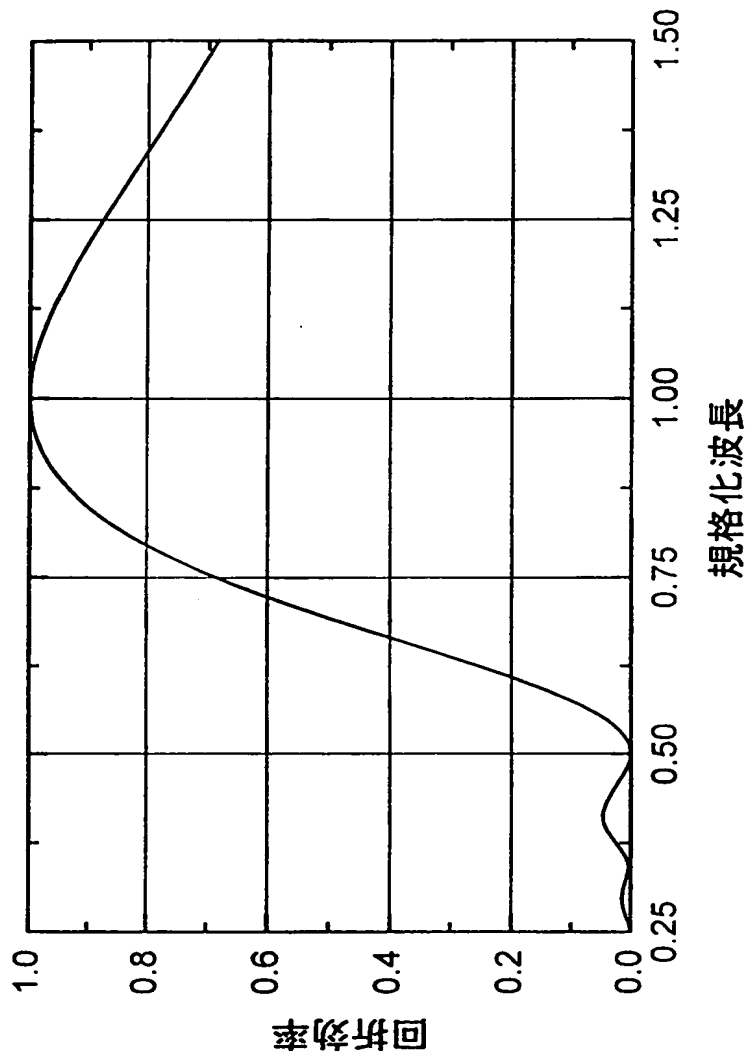
【図 12】



【図 13】



【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備えた構成であって、光利用効率の高い光学ヘッドを提供する。

【解決手段】 第 1 の波長の光と、その波長の略 2 倍の第 2 の波長の光を選択的に出射する光源 1 から出射した光を、回折形コリメータレンズ 3 で平行化し、立ち上げミラー 1 5 で立ち上げ、回折形対物レンズ 4 によって情報記録媒体 1 1 に集光する。これらの回折形レンズ 3、4 は、第 1 の波長の光に対しては実質上 2 次の回折光を出射し、第 2 の波長の光に対しては実質上 1 次の回折光を出射する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社